

# NCE/17/00107 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

---

## Apresentação do pedido

### Perguntas A1 a A4

---

**A1. Instituição de ensino superior:**

*Universidade Do Porto*

**A1.a. Outras Instituições de ensino superior:**

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

*Faculdade De Ciências (UP)*

**A3. Designação do ciclo de estudos:**

*Ciência de Dados (Data Science)*

**A3. Study programme name:**

*Data Science*

**A4. Grau:**

*Mestre*

### Perguntas A5 a A10

---

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

*Ciência de Computadores e Matemática*

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

*Computer Science and Mathematics*

**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):**

*481*

**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:**

*461*

**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:**

*462*

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

*120*

**A8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 Decreto-Lei 63/2016, de 13 de setembro):**

*4 semestres*

**A8. Duration of the study programme (art.º 3 Decree-Law 63/2016, September 13th):**

*4 semesters*

**A9. Número máximo de admissões (artº 64º, Lei 62/2007 de 10 de Setembro):**

*20*

**A10. Condições específicas de ingresso:**

*O ingresso obedecerá ao artigo 17.º do Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de Março, alterado pelos Decretos-Lei n.º 107/2008, de 25 de Junho, n.º 230/2009, de 14 de Setembro e, n.º 115/2013, de 7 de Agosto.*

*Podem candidatar-se:*

*1. Titulares do grau de licenciado ou titulares de um grau académico superior estrangeiro nas condições descritas na lei nas áreas de: Ciência de Computadores, Matemática, Economia, Engenharia, Física, Biologia e áreas afins ou equivalente legal;*

*2. Detentores de um currículo escolar, científico ou profissional, em qualquer das áreas científicas supracitadas e áreas afins, nas condições descritas na lei.*

*3. Domínio da língua inglesa escrita e falada.*

*Critérios de seleção e seriação dos candidatos e respetivas ponderações*

*1. 60% — Média de licenciatura ou média das unidades curriculares concluídas no momento da candidatura.*

*2. 30% — Avaliação do curriculum vitae do candidato.*

*3. 10% — Entrevista e carta de motivação.*

#### **A10. Specific entry requirements:**

*The access and enrollment in this cycle of studies follows the law as defined by article 17º of DL n.º 74/2006, of March 24, modified by DL n.º 107/2008, of June 25, DL n.º 230/2009, of September 14, and DL n.º 115/2013, of August 7.*

*Applications to this degree may come from:*

*1. Bachelor's holders or holders of a foreign university degree in the conditions imposed by law, in any of the following scientific areas: Computer Science, Mathematics, Economics, Engineering, Physics, Biology and similar areas or equivalent by law;*

*2. Holders of an academic, scientific or professional curriculum, in any of the above areas, in the conditions imposed by law.*

*3 Domain of the English language.*

*Criteria for selecting and ordering applicants:*

*1. 60% — Average grade of the 1st cycle program, or of the concluded curricular units at the moment of application, weighted by their credits.*

*2. 30% — Evaluation of the candidate's curriculum vitae.*

*3. 10% — Interview and motivation letter.*

## **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):**

*Não*

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

**A11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento, em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches, options, specialization areas of the master or specialities of the PhD (if applicable)**

**Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento:**

**Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD:**

*<sem resposta>*

## **A12. Estrutura curricular**

---

### **Mapa I -**

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

*Ciência de Dados (Data Science)*

**A12.1. Study Programme:**

*Data Science*

**A12.2. Grau:**

*Mestre*

**A12.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

*<sem resposta>*

**A12.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):**

&lt;no answer&gt;

**A12.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained for the awarding of the degree**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos Optativos* / Minimum Optional ECTS*
Ciência de Computadores — Computer Science	CC	18	
Matemática — Mathematics	M	12	
Gestão — Management	G	6	
Ciência de Computadores / Matemática — Computer Science / Mathematics	CC / M	48	36
<b>(4 Items)</b>		<b>84</b>	<b>36</b>

**Perguntas A13 e A16****A13. Regime de funcionamento:***Diurno***A13.1. Se outro, especifique:**

&lt;sem resposta&gt;

**A13.1. If other, specify:**

&lt;no answer&gt;

**A14. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:***Faculdade de Ciências***A14. Premises where the study programme will be lectured:***Faculty of Sciences***A15. Regulamento de creditação de formação e experiência profissional (PDF, máx. 500kB):**[A15.\\_despacho\\_no\\_12722\\_2013.pdf](#)**A16. Observações:**

*O ciclo de estudos proposto está organizado em 4 semestres, e visa fornecer uma formação interdisciplinar nas áreas de Ciência de Computadores e Estatística.*

**O ciclo de estudos integra:**

- no primeiro ano curricular, um curso de mestrado de 60 ECTS que confere um diploma de curso de mestrado (não conferente de grau) em Ciência de Dados (Data Science);
- no segundo ano curricular, uma Dissertação de natureza científica de 48 ECTS, complementada por 12 ECTS obtidos com uma unidade obrigatória na área de Gestão e outra opcional.

*No primeiro semestre do curso há 6 ECTS que, estando contabilizados no quadro A12.4 como optativos, são na realidade obtidos com uma unidade condicionada à formação prévia de cada estudante, pois consoante esta é mais centrada em Estatística ou em Ciência de Computadores é realizada a unidade curricular da outra área, para permitir algum nivelamento.*

*O resto do ciclo de estudos tem uma estrutura comum para todos os estudantes. Inclui a realização de seis unidades obrigatórias que permitem adquirir formação julgada essencial em Ciência de Computadores, Estatística e Gestão, e 30 ECTS em unidades opcionais. Para estas é oferecido um conjunto de Opções, sendo este elenco passível de alterações mediante aprovação pelos órgãos competentes da Faculdade de Ciências. Em cada ano letivo a comissão científica do ciclo de estudos define a oferta semestral concreta de unidades opcionais que funcionam nesse ano, dentro do elenco em vigor.*

*Pretende-se formar Mestres em Data Science com um espírito verdadeiramente interdisciplinar, com a capacidade e competência para trabalhar e desenvolver conhecimento, de forma autónoma, na interface entre as Ciências de Computadores e a Estatística.*

**A16. Observations:**

*The proposed study cycle is organized in 4 semesters, and aims to provide an interdisciplinary training in the areas of Computer Science and Statistics.*

- *in the first year, a 60 ECTS study program conferring not a degree but a diploma of postgraduate studies in Data Science;*
- *in the second year, a scientific Dissertation worth 48 ECTS, complemented by 12 ECTS obtained with a compulsory course in the area of Management and another optional course.*

*In the first year there are 6 ECTS that, being included in table A12.4 as optional, are in fact obtained with a course chosen according to the background of the students: according to whether this is stronger in the area of Statistics or that of Computer Science, the course from the other area is chosen thereby allowing a certain levelling of backgrounds.*

*The remaining program of the study cycle has a common plan for all students. It includes completing six compulsory courses to acquire skills judged essential in Computer Science, Statistics and Management, plus 30 ECTS in optional courses. For the latter purpose a set of Options is offered (Table 2), this list being possibly subject to change upon approval by the competent bodies of the Faculty of Sciences. For each academic year the scientific commission of the study cycle defines which courses are offered in each semestre, from the valid set of Options.*

*It is intended to train Masters in Bioinformatics and Computational Biology with a truly interdisciplinary spirit, with the capacity and competence to work and develop knowledge, in an autonomous way, in the interface between Computer Science and Statistics.*

## Instrução do pedido

### 1. Formalização do pedido

---

#### 1.1. Deliberações

##### Mapa II - Conselho Científico da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

###### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Científico da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto*

###### 1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2.\\_MDS aprovação CC.pdf](#)

##### Mapa II - Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

###### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto*

###### 1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2.\\_MDS aprovação CP.pdf](#)

##### Mapa II - Reitor da Universidade do Porto

###### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Reitor da Universidade do Porto*

###### 1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2.\\_Despacho\\_2C Ciencia Dados\\_Data Science.pdf](#)

#### 1.2. Docente(s) responsável(is) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos

##### 1.2. Docente(s) responsável(is) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos

A(s) respetiva(s) ficha(s) curricular(es) deve(m) ser apresentada(s) no Mapa V.

*Alípio Mário Guedes Jorge; Luís Fernando Alves Rainho Torgo; João Nuno Domingues Tavares*

## 2. Plano de estudos

---

### Mapa III - - 1º ano - 1º semestre / 1st year - 1st semester

#### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Ciência de Dados (Data Science)*

#### 2.1. Study Programme:

**Data Science****2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;no answer&gt;

**2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano - 1º semestre / 1st year - 1st semester***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Introdução à Ciência de Dados / Introduction to Data Science	CC	semestral	162	TP - 42	6	Obrigatória / Mandatory
Séries Temporais e Previsão / Time Series and Forecasting	M	semestral	162	TP - 42	6	Obrigatória / Mandatory
Unidade Condicionada / Constrained Unit	CC ou M	semestral	162	TP - 42	6	(Quadro: Unidades Condicionadas / Table: Constrained Units)
Opção / Option 1	CC ou M	semestral	162	TP - 42	6	(Quadro: Opções / Table: Options)
Opção / Option 2	CC ou M	semestral	162	TP - 42	6	(Quadro: Opções / Table: Options)

(5 Items)

**Mapa III - - 1º ano - 2º semestre / 1st year - 2nd semester****2.1. Ciclo de Estudos:***Ciência de Dados (Data Science)***2.1. Study Programme:***Data Science***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;no answer&gt;

**2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano - 2º semestre / 1st year - 2nd semester***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Big Data e Cloud Computing / Big Data and Cloud Computing	CC	semestral	162	TP - 42	6	Obrigatória / Mandatory
Estatística e Análise de Dados / Statistics and Data Analysis	M	semestral	162	TP - 42	6	Obrigatória / Mandatory
Machine Learning	CC	semestral	162	TP - 42	6	Obrigatória

Opção / Option 3	CC ou M	semestral	162	TP - 42	6	(Quadro: Opções / Table: Options)
Opção / Option 4 (5 Items)	CC ou M	semestral	162	TP - 42	6	(Quadro: Opções / Table: Options)

### Mapa III - - 2º ano - 1º e 2º Semestres / 2nd year - 1st and 2nd semesters

#### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Ciência de Dados (Data Science)*

#### 2.1. Study Programme:

*Data Science*

#### 2.2. Grau:

*Mestre*

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

*<sem resposta>*

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

*<no answer>*

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

*2º ano - 1º e 2º Semestres / 2nd year - 1st and 2nd semesters*

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

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Gestão e Empreendedorismo / Management and Entrepreneurship	G	semestral (S3)	162	TP - 42	6	Obrigatória / Mandatory
Opção / Option 5	CC ou M	semestral (S3)	162	TP - 42	6	(Quadro: Opções / Table: Options)
Dissertação / Dissertation (3 Items)	CC ou M	anual	1296	OT - 40	48	Obrigatória / Mandatory

### Mapa III - - Unidades Condicionadas / Constrained Units

#### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Ciência de Dados (Data Science)*

#### 2.1. Study Programme:

*Data Science*

#### 2.2. Grau:

*Mestre*

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

*<sem resposta>*

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

*<no answer>*

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

*Unidades Condicionadas / Constrained Units*

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

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Estatística Aplicada / Applied Statistics	M	semestral	162	TP - 42	6	Obrigatória para estudantes com formação em Ciência de Computadores, Informática ou afins.
Programação e Bases de Dados / Programming and Databases (2 Items)	CC	semestral	162	TP - 42	6	Obrigatória para estudantes com formação em Estatística, Matemática.

**Mapa III - - Opções / Options****2.1. Ciclo de Estudos:***Ciência de Dados (Data Science)***2.1. Study Programme:***Data Science***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***Opções / Options***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Tópicos Avançados em Data Science / Advanced Topics in Data Science	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Tópicos Avançados em Bases de Dados / Advanced Topics in Databases	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Tópicos Avançados em Inteligência Artificial / Advanced Topics in Artificial Intelligence	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Bioinformática / Bioinformatics	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Visão Computacional / Computer Vision	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Visualização de Dados / Data Visualization	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Data Stream Mining	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Data-Driven Decision Making	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Ciência de Redes / Network Science	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Computação Paralela / Parallel Computing	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Análise e Processamento de Imagem / Image Processing and Analysis	CC	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Análise Estatística e Processamento de Sinal / Statistical Analysis and Signal Processing	M	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Inferência Estatística / Statistical Inference	M	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional
Análise de Dados Longitudinal / Longitudinal Data Analysis	M	semestral	162	TP - 42	6	optativa / optional

### 3. Descrição e fundamentação dos objetivos, sua adequação ao projeto educativo, científico e cultural da instituição, e unidades curriculares

---

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

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

*O objetivo principal deste ciclo de estudos é o de formar profissionais altamente qualificados em Data Science, com particular atenção à análise de grandes volumes de dados. O curso foi desenhado para fornecer conhecimentos sólidos nas áreas da análise estatística e da ciência de computadores. A Data Science intersesta estas duas áreas do conhecimento sendo importante que diferentes tópicos destas áreas sejam dominados pelos especialistas em Data Science. É esta confluência de competências que distingue este ciclo de estudos da oferta existente que tende a ser focada principalmente numa das áreas em causa. Para além de conhecimentos teóricos sólidos sobre estas matérias, é outro dos objetivos principais do curso fomentar conhecimentos práticos e aplicados em Data Science, concretamente através da forma como as aulas serão lecionadas, e também através da realização de trabalhos e projetos em colaboração com empresas que possuam problemas reais que requerem métodos de Data Science.*

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

*The main objective of this study cycle is to train highly qualified professionals in Data Science, particularly in the analysis of large volumes of data. The course was designed to provide solid knowledge in the areas of statistical analysis and computer science. Data Science is effectively an area that intersects these two areas of knowledge and it is important that different topics in these two areas are mastered by Data Science experts. It is precisely this confluence of skills in these two areas that distinguishes this cycle of studies from the existing offer that tends to be focused mainly on one of the areas in question. In addition to solid theoretical knowledge on these subjects, another main objective is to convey practical and applied knowledge in Data Science, namely through the teaching model, but also through the accomplishment of assignments and projects in collaboration with companies that have real problems that require Data Science methods.*

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

*Competências fundamentais a adquirir pelos estudantes:*

- Conhecimento atualizado dos princípios e metodologias da área;*
- Capacidade de reconhecer oportunidades de aplicação da Data Science;*
- Capacidade para integrar conhecimentos, lidar com questões complexas, desenvolver soluções ou emitir juízos em situações de informação limitada ou incompleta, incluindo reflexões sobre as implicações e responsabilidades éticas e sociais que resultem dessas soluções e desses juízos ou os condicionem;*
- Facilidade de comunicar resultados e os conhecimentos e raciocínios a eles subjacentes, quer a especialistas quer a não especialistas, de uma forma clara, correta e sem ambiguidades;*
- Competências que permitam uma aprendizagem autónoma ao longo da vida.*

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

*Core skills to be acquired by the students:*

- Up-to-date knowledge of the main principles and methodologies of the scientific area of Data Science;*
- The ability to recognize opportunities of applying Data Science in multiple areas of human activity;*
- The ability to integrate knowledge, deal with complex issues, develop solutions or make judgments in situations of limited or incomplete information, including reflections on the implications and ethical and social responsibilities that result from such solutions and judgments or condition them;*
- Ease at communicating results and the knowledge and reasoning underlying such findings, to both experts and non-experts, in a clear and correct manner;*
- skills that enable independent lifelong learning.*

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

*Inúmeros estudos de mercado têm alertado para a crescente necessidade de profissionais capazes de analisar o volume de dados que a nossa sociedade tem vindo a produzir de forma exponencial. Diversos avanços tecnológicos têm contribuído para este crescimento do volume de dados disponível. A redução do custo de inúmeros sensores, o avanço da “informatização” da grande maioria das atividades humanas, o fenómeno conhecido como Internet of Things (IoT), entre outros fatores, têm estado na origem deste crescimento. Cada vez mais a grande maioria das atividades humanas são de alguma forma registadas em suporte informático.*

*Este enorme volume de dados “esconde” informação útil sobre as organizações e as respetivas atividades. Ser capaz de descobrir essa informação a partir desse grande conjunto de dados é, portanto, uma vantagem competitiva que a maioria das organizações já identificaram como chave para serem bem-sucedidas. Para tal ser possível, tendo em conta o volume de dados, tornam-se necessárias ferramentas computacionais bem como profissionais capazes de as desenvolver e utilizar de forma eficiente. O Mestrado em Data Science tem como objetivo formar este tipo de profissionais e desta forma ajudar a colmatar as reconhecidas lacunas a este nível em termos da mão de obra*

*disponível atualmente no mercado de trabalho, conforme alertado por diversos estudos e entidades empresariais.*

*A FCUP possui no seu corpo docente um significativo número de docentes com larga experiência nesta área, tanto a nível de ensino, como a nível de investigação, para além do envolvimento em projetos de colaboração com a indústria. Neste contexto, surge como natural que se procure potenciar este know-how através da criação do presente Mestrado.*

*Sendo a missão da FCUP gerar, disseminar e preservar o conhecimento da Ciência e Tecnologia, este ciclo de estudos enquadra-se perfeitamente nessa mesma missão em face das necessidades do mercado relativamente às competências a fornecer durante o ciclo de estudos, e tendo em conta as áreas do saber envolvidas, que estão todas no âmbito da FCUP.*

*Por último, salienta-se a relevância de se ter na designação do mestrado, tanto em Português como em Inglês, o nome Data Science. Esta designação está já muito enraizada a nível nacional e internacional, seja no mundo académico como no empresarial, havendo por isso toda a conveniência de imagem e perceção imediata do seu significado em preservá-la em Português dada a imersão dos nossos mestres num mercado global. A designação apenas de “Ciência de Dados” não seria facilmente associada a “Data Science”, perdendo-se com isso visibilidade, por um lado, e desvalorizando-se o valor intrínseco do grau dos nossos mestres por outro.*

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

*Numerous market studies have alerted to the growing need for professionals capable of analyzing the volume of data that our society has been producing exponentially. Several technological advances have contributed to this growth in the volume of available data. The reduction of the cost of sensors, the advance of the "computerization" of the great majority of human activities, the phenomenon known as Internet of Things (IoT), among other factors, are at the origin of this growth. Increasingly, the vast majority of human activities are in some way recorded in computer media.*

*This huge amount of data "hides" useful information about organizations and their activities. Being able to discover this information from these numerous datasets is therefore a competitive advantage that most organizations have already identified as the key to success. For this to be possible, taking into account the volume of data, it becomes vital to have computational tools as well as professionals who are able to develop and use them efficiently. The MSc in Data Science aims to train this type of professionals and thus help fill the recognized gaps at this level in the labor force currently available in the market, as alerted by various studies and business entities.*

*FCUP has a significant number of professors with extensive experience in this area, both in teaching and research, in addition to being involved in collaborative projects with industry. In this context, it is natural to seek to promote this know-how through the creation of this Master's Degree.*

*FCUP's mission being to generate, disseminate and preserve the knowledge of Science and Technology, this study cycle fits perfectly in that mission in the face of the market needs regarding the skills to be provided by the program, and also taking into account the involved areas of knowledge, all within the scope of FCUP.*

*Finally, we stress the importance of having "Data Science" in the title of the Master both in Portuguese and in English. This designation is already deeply rooted nationally and internationally, in both the academic and the corporate worlds, so its preservation in Portuguese has all the convenience of image and immediate perception of its meaning, given the immersion of our masters in a global market. The designation of "Ciência de Dados" alone would not be easily associated with "Data Science", thereby losing visibility on the one hand and devaluing the intrinsic value of our masters' degree on the other.*

## **3.2. Adequação ao projeto educativo, científico e cultural da Instituição**

### **3.2.1. Projeto educativo, científico e cultural da Instituição:**

*A Universidade do Porto é uma instituição com impacto nacional em quase todas as áreas do conhecimento, com a Faculdade de Ciências a ter um papel de grande relevo nas diferentes áreas das ciências exatas e naturais. A Universidade e a Faculdade de Ciências têm como aspeto fundamental da sua missão educacional, científica e cultural a promoção da comunicação e interação entre professores, estudantes e investigadores de diferentes culturas e campos de conhecimento. Esta interação estreita promove a partilha de vivências e experiências profissionais distintas e cria uma atmosfera multicultural e multidisciplinar que favorece a investigação científica e o treino de alta qualidade. A FCUP tem vindo a reforçar a qualidade na investigação e no ensino, no crescimento da transferência de tecnologia, a uma melhoria nas relações com a comunidade exterior e ao modo como estes diferentes aspetos se refletem na sua competitividade internacional. O mestrado em Ciência de Dados (Data Science) irá contribuir para todas estas dimensões da missão da Universidade do Porto.*

### **3.2.1. Institution's educational, scientific and cultural project:**

*The University of Porto is an institution with a national impact in almost all areas of knowledge, with the Faculty of Sciences playing a major role in the different areas of the Exact and Natural Sciences. The University and its Faculty of Sciences have as a fundamental aspect of their educational, scientific and cultural mission the promotion of communication and interaction between teachers, students and researchers from different cultures and fields of knowledge. This close interaction promotes the sharing of distinct professional experiences and creates a multicultural and multidisciplinary atmosphere that favors scientific research and high quality training. FCUP has been enhancing the quality of research and teaching, the growth of technology transfer, improved relations with the outside community and the way these different aspects are reflected in its international competitiveness. The Master in Data Science will contribute to all these dimensions of the University of Porto's mission.*

### 3.2.2. Demonstração de que os objetivos definidos para o ciclo de estudos são compatíveis com o projeto educativo, científico e cultural da Instituição:

*A FCUP é, segundo os seus estatutos, “a escola da UP onde se centra o ensino e a investigação, fundamental ou aplicada, nas áreas das ciências exactas e naturais, estendendo a sua intervenção a áreas pluri e interdisciplinares, incluindo as de cariz tecnológico, relacionadas com aquelas”.*

*A Ciência de Dados resulta da aplicação de princípios científicos e rigorosos a problemas práticos da análise e processamento de grandes quantidades de dados usando ferramentas computacionais e matemáticas. O ciclo de estudos pretende formar especialistas capazes de resolver problemas práticos e teóricos de forma fundamentada, assim como contribuir para a formação de investigadores científicos.*

### 3.2.2. Demonstration that the study programme's objectives are compatible with the Institution's educational, scientific and cultural project:

*FCUP is, according to its statutes, "the school of the University of Porto focused on teaching and research, basic or applied, in the areas of exact and natural sciences, extending its intervention to multi and interdisciplinary areas, including the technological ones, related to those. "*

*Data Science stems from the application of rigorous scientific principles to practical problems of analyzing and processing large amounts of data using computational and mathematical tools. The study cycle aims to train specialists capable of solving practical and theoretical problems in an informed way, as well as contributing to the training of scientific researchers.*

### 3.3. Unidades Curriculares

#### Mapa IV - Análise e Processamento de Imagem / Image Processing and Analysis

##### 3.3.1. Unidade curricular:

*Análise e Processamento de Imagem / Image Processing and Analysis*

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

*André Ribeiro da Silva de Almeida Marçal, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*A disciplina apresenta os principais conceitos e técnicas de análise e processamento digital de imagem. O objectivo é que no final do curso os alunos sejam capazes de planejar e implementar algoritmos para a extracção de informação a partir de imagens.*

*A orientação da disciplina privilegia a compreensão dos conceitos e métodos e a sua utilização efectiva na análise de dados simulados e experimentais. Será feita uma utilização intensiva de meios computacionais avançados (Matlab).*

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

*The course presents the main concepts and techniques of digital image analysis and processing. The goal is that at the end of the course students will be able to plan and implement algorithms for extracting information from images. The discipline orientation emphasizes the understanding of concepts and methods and their effective use in the analysis of simulated and experimental data. An intensive use of advanced computational means (Matlab) will be used.*

##### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Conceitos básicos de processamento digital de imagem.*

*Operações pontuais, filtros espaciais, redução de ruído.*

*Modelos de representação de cor.*

*Segmentação de imagem.*

*Operadores Morfológicos.*

*Classificação automática de imagens multi-espectrais.*

*Representação e reconhecimento de objectos.*

*Correcções Geométricas e referênciação de imagens.*

*Processamento de imagem no espaço de frequências.*

*Transformadas (Hough, Radon, etc.)*

##### 3.3.5. Syllabus:

*Basic concepts of digital image processing.*

*Point operations, space filters, noise reduction.*

*Models of color representation.*

*Image segmentation.*

*Morphological Operators.*

*Automatic classification of multi-spectral images.*

*Representation and recognition of objects.*

*Geometric corrections and image reference.  
Image processing in frequency space.  
Transformers (Hough, Radon, etc.)*

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

*As aulas são todas do tipo Teórico-Prática (TP). Algumas aulas consistirão na apresentação de matéria teórica, ilustrada com exemplos variados, e outras aulas serão dedicadas à resolução de problemas e realização de projectos, com uma forte componente de computação em ambiente MATLAB (Matlab - Image processing Toolbox). Os trabalhos práticos contém uma variedade de exercícios propostos, usando dados simulados e experimentais. Estes exercícios cobrem a gama de tópicos e métodos apresentados na disciplina, tendo vários níveis de dificuldade. O nível de autonomia esperado dos estudantes é também variado (crescente), o que deverá conduzir à obtenção dos objetivos da disciplina no final do semestre.*

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

*The classes are all theoretical-practical (TP). Some classes will consist of presentation of theoretical material, illustrated with varied examples, and other classes will be devoted to problem solving and project realization, with a strong MATLAB (Matlab - Image processing Toolbox) computing component. The practical work contains a variety of exercises proposed, using simulated and experimental data. These exercises cover the range of topics and methods presented in the discipline, having various levels of difficulty. Students' expected level of autonomy is also varied (increasing), which should lead to achievement of the objectives of the course at the end of the semester.*

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

*Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída sem exame final  
Condições de Frequência: Realização dos Trabalhos Práticos / Projectos, com entrega dos respectivos relatórios dentro dos prazos fixados, e com classificação não inferior a 40% da cotação correspondente (8 valores na escala 0-20).  
Fórmula de avaliação: A classificação final será determinada com base no desempenho nos trabalhos práticos (50%) e no projecto individual (50%), não podendo nenhuma destas componentes ser inferior a 40% da cotação correspondente (8 valores na escala 0-20).*

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

*Type of Evaluation: Evaluation Type: Evaluation Type:  
Frequency Conditions: Execution of the Practical Work / Projects, with delivery of the respective reports within the established deadlines, and with a rating of not less than 40% of the corresponding quotation (8 values in the 0-20 scale).  
Assessment formula: The final classification will be determined based on the performance in the practical assignments (50%) and the individual project (50%), none of these components being less than 40% of the corresponding quotation (8 values in the scale 0-20).*

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

*A metodologia de ensino desta UC conjuga três aspetos fundamentais do processo de ensino-aprendizagem: formação teórica, formação prática supervisionada e investigação autónoma. Nas aulas laboratoriais, lecionadas num laboratório de computação, cada estudante disporá de um computador. No entanto, os estudantes serão agrupados em grupos de dois. Por fim, nos projetos de investigação realizados nas aulas finais, os estudantes devem trabalhar de uma forma completamente autónoma. As aulas irão também contribuir para o desenvolvimento de competências relacionadas com o trabalho em equipa, a responsabilidade, o rigor e a capacidade de comunicação de resultados científicos.*

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

*The teaching methodology of this UC combines three fundamental aspects of the teaching-learning process: theoretical training, supervised practical training and autonomous research. In laboratory classes, taught in a computer lab, each student will have a computer. However, students will be grouped into groups of two. Finally, in the research projects carried out in the final classes, students must work in a completely autonomous way. Classes will also contribute to the development of skills related to teamwork, responsibility, rigor and the ability to communicate scientific results.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Digital image processing using MATLAB / Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins, Prentice Hall, 2004 (000091303. ISBN: 0-13-008519-7)  
Digital image processing / Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Prentice Hall, 2008 (000091878. ISBN: 978-0-13-168728-8)  
Image processing, analysis, and machine vision / Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, Thomson Learning, 2008 (000093668. ISBN: 0-495-08252-X)  
Computer Vision: Algorithms and Applications, Richard Szeliski, Springer, 2010 (available at <http://szeliski.org/Book/>)*

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Dissertação/ Dissertation*

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

*Comissão Científica do CE / Scientific Committee*

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

*Trabalho de orientação tutorial (OT), será assegurado pelos membros da equipa de orientação de cada estudante, a designar anualmente. Poderão ser membros das equipas de orientação.*

*- DISSERTAÇÃO: docente doutorado da FCUP, eventualmente co-adjuvado por outro docente ou investigador doutorado que detenha Curriculum Vitae relevante na área do Ciclo de Estudos.*

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

*Para obtenção do grau de Mestre é necessária a apresentação de uma Dissertação.*

*A Dissertação deverá focar-se num tópico de Ciência de Dados. Os estudantes deverão desenvolver capacidade de: planejar e executar trabalho de investigação e/ou desenvolvimento; análise crítica de diferentes soluções técnicas; integrar o conhecimento anteriormente adquirido para análise e resolução de problemas; utilizar ferramentas de pesquisa para avaliar o estado da arte no assunto específico em que realizarem a dissertação; capacidade de trabalhar em equipa e de contribuir positivamente para o trabalho de investigação e/ou desenvolvimento; comunicar de forma escrita e oral os resultados e respetivas conclusões. Adicionalmente, os estudantes devem atingir os objetivos de trabalho estabelecidos específicos do projeto em que serão integrados.*

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

*To obtain the degree of Master it is mandatory to present a Dissertation.*

*The Dissertation should focus on a topic of Data Science. Students should develop the ability to: plan and perform research and / or development work; critical analysis of different technical solutions; integrate previously acquired knowledge for problem analysis and resolution; use research tools to evaluate the state of the art in the specific subject in which the dissertation is carried out; ability to work as a team and to contribute positively to research and / or development work; communicate in writing and oral the results and their conclusions. In addition, students must meet the specific project objectives of the project in which they will be integrated.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Uma Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Data Science deve consistir, preferencialmente, num trabalho de investigação original realizado pelo estudante ou numa revisão bibliográfica original de resultados publicados num tópico que represente um avanço substancial nas fronteiras do conhecimento em Data Science.*

**3.3.5. Syllabus:**

*A Dissertation submitted for a master's degree in Data Science should preferably consist of an original research work done by the student or an original bibliographic review of results published on a topic that represents a substantial advance in the frontiers of knowledge in Data Science.*

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

*Os conteúdos programáticos irão variar de estudante para estudante, conforme o tópico e trabalho específicos a levar a cabo no âmbito da Dissertação.*

*No final do 1º ano, a Comissão Científica do Ciclo de Estudos reunirá com os estudantes, para apresentar os tópicos de trabalho ou de investigação disponíveis para a realização de Dissertação, respetivamente. Tais tópicos serão prévia e oportunamente propostos, à Comissão Científica, pelas equipas de orientação interessadas em acolher os estudantes. Após um período de reflexão, os estudantes serão convidados a escolher o tema de Dissertação do seu interesse. Em caso de mais do que um estudante estar interessado no mesmo tema, poderão ser seriados de acordo com o seu aproveitamento (média ponderada das Unidades Curriculares do 1º ano). No caso de haver estudantes interessados em desenvolver um tópico diferente dos propostos e que tenha anuência de uma equipa de orientação para tal, a Comissão Científica deverá ser previamente consultada para eventual aprovação dessa proposta alternativa, para o que procederá a uma análise caso a caso.*

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

*The syllabus contents will vary from student to student, according to the specific topic and work to be carried out within the scope of the Dissertation.*

*At the end of the 1st year, the Scientific Committee of the Cycle of Studies will meet with the students to present the work or research topics available for the Dissertation, respectively. These topics will be proposed and timely proposed by the Scientific Committee, by the guidance teams interested in hosting the students. After a period of reflection students choose the topic of the Dissertation of their interest. If more than one student are interested in the same topic they may be selected according to their grades (weighted average of the 1st year Curricular Units). In the case of students interested in developing a topic other than those proposed and who have the consent of an orientation team, the Scientific Committee should be consulted in advance for possible approval of this alternative proposal, for which it will carry out a case-by-case analysis.*

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

*Ensino tutorial. Os estudantes são expostos a diversas atividades de investigação e/ou trabalho aplicado normalmente contemplando tarefas de pesquisa bibliográfica, planeamento experimental, desenvolvimento de modelos e de algoritmos, validação, testes e implementação. Desenvolvem, ainda, competências de comunicação, organização e apresentação de resultados.*

*Tipo de Avaliação: defesa da dissertação em provas públicas.*

*Fórmula de avaliação: A defesa da dissertação é feita em provas públicas às quais os estudantes e o público em geral podem assistir. O Júri é normalmente constituído por três Professores ou especialistas de mérito reconhecido como tal pelo órgão científico estatutariamente competente da Faculdade, conforme Regulamento dos Segundos Ciclos da U. Porto.*

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

*Tutorial teaching. Students are generally exposed to a variety of research activities, which may include literature survey, experimental design, development of models and algorithms, validation, tests and implementation. They also develop communication, organizational and reporting skills.*

*Type of evaluation: Evaluation by final exam (Public Defence of Dissertation)*

*Evaluation Formula: The dissertation defence is done in a public presentation in which students and the general public can attend. The examination board is typically composed of three Professors or other experts whose merit is recognized by the statutorily competent scientific body of FCUP, according to the Regulations applicable to all M.Sc. Degrees of U.Porto.*

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

*O trabalho de dissertação é suficientemente aberto (não deixando de ser guiado pelos orientadores) para que os estudantes desenvolvam as capacidades de investigação e aprofundamento temático que se pretendem. É na dissertação que os estudantes vão ter oportunidade de consolidar os conhecimentos adquiridos nas outras U.C. Sendo um trabalho escolhido pelo estudante, deverá maximizar a sua motivação para a aprendizagem autónoma, preparando-se melhor para a aprendizagem ao longo da vida.*

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

*The work done in the dissertation is open enough ( albeit guided by the supervisors) to promote in the students the ability to conduct research and dive deeper in the relevant topics. It is during the dissertation that students will mature the knowledge acquired in the other C.U. The fact that the topic is also chosen by the student will maximize his/her motivation for learning autonomously, thus preparing for life-long learning.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

*A bibliografia específica será recomendada pelo orientador (e coorientador, caso exista) em função do tema específico atribuído a cada estudante.*

## **Mapa IV - Inferência Estatística / Statistical Inference**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Inferência Estatística / Statistical Inference*

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

*Margarida Maria Araújo Brito (TP - 42)*

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

*N.A.*

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

*Aquisição de uma base sólida de conhecimentos em estatística indutiva e desenvolvimento de capacidades e engenho em técnicas de modelação estatística, fundamentais para a apresentação, tratamento e interpretação de conjuntos de dados.*

*Ao completar esta unidade curricular, o estudante deverá*

- dominar os conceitos e princípios fundamentais da Estatística;*
- conhecer e saber aplicar os métodos e técnicas fundamentais da inferência estatística paramétrica e não-paramétrica a problemas concretos;*
- ser capaz de usar a linguagem de programação R na análise estatística de diferentes tipos de dados e resolução de problemas;*
- ser capaz de identificar e formular matematicamente um problema, de escolher métodos da estatística adequados e de analisar e interpretar de forma crítica os resultados obtidos.*

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

*Acquire a solid knowledge in inductive statistics and develop capacities and skills in statistical modelling techniques, fundamental to the presentation, analysis and interpretation of data sets.*

*Upon completing this course, the student should:*

- have a deep understanding of the fundamental concepts and principles of statistics;
- know the fundamental parametric and nonparametric statistical methods and how to apply them to concrete situations;
- be able to use the programming language R to analyze different types of data and solve statistical problems;
- be able to identify and formulate a problem, to choose adequate statistical methods, to analyze and interpret in a critical way the obtained results and to communicate and present them.

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Modelos estatísticos. Famílias exponenciais. Exaustividade. Verosimilhança.*

*Construção e comparação de estimadores paramétricos. Estimadores centrados com variância uniformemente mínima. Eficiência. Regiões de confiança.*

*Inferência baseada em simulação. Métodos de reamostragem, Testes de aleatorização.*

*Estimação e testes em modelos não-paramétricos. Estatísticas de ordem. Testes de qualidade de ajustamento. Testes baseados no vetor das ordens. Medidas e testes de associação.*

*Testes de hipóteses paramétricas. Critérios de otimalidade. Testes de razão de verosimilhanças.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Statistical models. Exponential families. Data reduction: Sufficiency and completeness.*

*Point and interval estimation. Maximum likelihood principle. Derivation and comparison of estimators. Minimum variance unbiased estimation and efficiency. Large sample theory, Confidence regions.*

*Simulation based inference. Resampling methods. Randomization tests.*

*Nonparametric inference. Order statistics and the vector of ranks. Goodness of fit tests. Rank-based tests. Measures and tests of association for two variables.*

*Parametric hypotheses testing. Optimality criteria. Likelihood ratio tests.*

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

*Os conteúdos programáticos cobrem os conceitos e métodos fundamentais da estatística indutiva, paramétrica e não-paramétrica, a sua fundamentação teórica, fornecendo ainda exemplos concretos de áreas diversas que evidenciam as condições de aplicabilidade dos métodos e modelos estatísticos abordados. São também propostos fichas de trabalho e projectos envolvendo, em particular, a análise estatística de dados reais com recurso ao programa R.*

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

*The syllabus includes the fundamental concepts and methods of both the parametric and nonparametric statistics, their theoretical justification, providing concrete examples from different settings, showing the underlying assumptions of the statistical models and procedures.*

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

*Aulas teórico-práticas com exposição dos conteúdos do programa, resolução e discussão de exercícios e problemas relacionados das fichas de trabalho. A introdução dos conceitos e métodos estatísticos é apoiada em exemplos variados, discutindo-se os desenvolvimentos teóricos dos métodos bem como a sua aplicação prática e utilizando-se, quando apropriado, o software R.*

*Proposta de trabalhos de grupo que, no seu conjunto, constituem o projecto. Cada trabalho envolve a elaboração de um relatório, com posterior apresentação e discussão.*

*Os materiais de apoio são disponibilizados na página da disciplina. Para além das aulas, há períodos de atendimento semanais onde os estudantes têm oportunidade de esclarecer dúvidas.*

*Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final*

*Fórmula de avaliação: A avaliação compreende duas componentes: projeto obrigatório (40%) e exame (60%). A nota mínima em cada uma das componentes é de 8 valores (em 20).*

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

*Lectures TP where the topics of the syllabus are presented, exercises and related problems form the Problem Sheets are solved and discussed. The concepts and methods are illustrated and motivated by examples of different kinds. Both the theoretical developments of the methods and their application in practice are considered, using whenever appropriate, the statistical software R.*

*Project work to be developed in team. Each team-work involves a written report and posterior oral presentation and discussion.*

*All resources are available for students at the unit's web page.*

*Type of evaluation: Avaliação distribuída com exame final*

*Formula Evaluation: The evaluation comprehends two components: project (40%) and final exam (60%). The minimum score in each component is 8 (out of 20).*

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

*A exposição da matéria é organizada de acordo com o programa fixado e os objectivos a alcançar, recorrendo-se a exemplos que ajudam a orientar o estudante no seu estudo. Os estudantes são motivados a resolver os problemas propostos de forma autónoma, sendo alguns deles resolvidos e discutidos nas aulas. A resolução dos exercícios e problemas de forma autónoma é uma componente fundamental do processo de aprendizagem, promovendo a consolidação dos princípios fundamentais da inferência estatística bem como a aplicação prática de forma crítica dos métodos estatísticos considerados.*

*O projecto permite reforçar a consolidação dos conhecimentos e a preparação dos estudantes para a sua aplicação a diferentes situações.*

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

*The presentation in the lectures is organized in accordance with the syllabus and the intended outcomes, and frequent examples are given to help the students in their own study. The students are encouraged to work the problems and proposed exercises independently, some of which are solved and discussed in classes. The worked exercises and problems are fundamental in the learning process, in order to enhance the consolidation of the concepts, the adequate application of the studied statistical methods and the critical analysis of the obtained results.*

*The project reinforces the consolidation of the principles and methods of the inferential statistics and the ability to apply them in unfamiliar situations.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*A. Casella and R. L. Berger, Statistical Inference, Duxbury, 2001.*

*D. Nolan and T. Speed, Stat Labs: Mathematical Statistics through Applications, Springer, 2000.*

*J. A. Rice, Mathematical Statistics and Data Analysis, 2007*

**Mapa IV - Aprendizagem com variedades / Manifold Learning****3.3.1. Unidade curricular:**

*Aprendizagem com variedades / Manifold Learning*

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

*João Nuno Domingues Tavares, TP - 42*

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

*Joaquim Fernando Pinto da Costa (nº de horas de contacto a definir em função do nº de alunos inscritos)*

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

*Objetivos principais:*

- *Introduzir várias técnicas de redução da dimensionalidade com ênfase em métodos não-lineares.*
- *Após uma introdução abrangente aos métodos lineares, o curso foca a abordagem geométrica da redução da dimensionalidade não linear, adotando técnicas de variedades (um concito de Geometria Diferencial) que projectam um conjunto de dados de alta dimensão numa variedade de dimensão baixa.*
- *Para entender a idéia principal dessa abordagem que pode ser delineada da seguinte forma: a geometria do variedade subjacente é aprendida a partir da estrutura de vizinhança dos dados, que define a similaridade de dados. Em seguida, um kernel é criado para representar a geometria da variedade aprendida e a decomposição espectral do kernel leva à projecção numa variedade de dimensão baixa*

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

*Main Goals:*

- *To introduce several techniques on dimensionality reduction with an emphasis on nonlinear methods.*
- *After a comprehensive introduction to linear methods, the course focuses on the geometric approach to nonlinear dimensionality reduction adopting manifold embedding techniques that embeds a high-dimensional dataset into a low-dimensional manifold.*
- *To understand the main idea of this approach which can be outlined as follows: The geometry of the underlying manifold is learned from the neighbourhood structure of the data, which defines the data similarity. Then a kernel is created to represent the learned manifold geometry and the spectral decomposition of the kernel leads to the manifold embedding.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Tópicos principais:*

- *Visão geral da redução de dimensão: aquisição de dados de alta dimensão. O “Curse” da Dimensionalidade. Dimensões intrínsecas e extrínsecas.*
- *Cálculo em variedades. Estrutura Geométrica de Alta Dimensão: Semelhança e Dissemelhança de Dados. Grafos em conjuntos de dados. Análise Espectral de Grafos. Modelos de Dados e Estruturas de Núcleos de DR.*
- *Redução linear da dimensão. Reescalagem multidimensional clássica. Projeção aleatória.*

• *Redução de Dimensionalidade Não-linear. Mergulho linear local. Alinhamento local do espaço tangente. Funções próprias de Laplacianos. Funções de difusão. Algoritmos rápidos para aproximação de DR*

### 3.3.5. Syllabus:

*Main Topics:*

- *Overview of Dimensionality Reduction: High Dimension Data Acquisition. Curse of the Dimensionality. Intrinsic and Extrinsic Dimensions.*
- *Preliminary Calculus on Manifolds. Geometric Structure of High-Dimensional: Similarity and Dissimilarity of Data. Graphs on Data Sets. Spectral Analysis of Graphs. Data Models and Structures of Kernels of DR.*
- *Linear Dimensionality Reduction. Classical Multidimensional Scaling. Random Projection.*
- *Nonlinear Dimensionality Reduction. Locally Linear Embedding. Local Tangent Space Alignment. Laplacian Eigenmaps. Diffusion Maps. Fast Algorithms for DR Approximation*

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

*As aulas são todas do tipo Teórico-Prática (TP). Algumas aulas consistirão na apresentação de matéria teórica, ilustrada com exemplos variados, e outras aulas serão dedicadas à resolução de problemas e realização de projectos. Os trabalhos práticos contêm uma variedade de exercícios propostos, usando dados simulados e experimentais. Estes exercícios cobrem a gama de tópicos e métodos apresentados na disciplina, tendo vários níveis de dificuldade. O nível de autonomia esperado dos estudantes é também variado (crescente), o que deverá conduzir à obtenção dos objectivos da disciplina no final do semestre.*

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

*The classes are all theoretical-practical (TP). Some classes will consist of presentation of theoretical material, illustrated with varied examples, and other classes will be devoted to problem solving and project realization. The practical work contains a variety of exercises proposed, using simulated and experimental data. These exercises cover the range of topics and methods presented in the discipline, having various levels of difficulty. Students' expected level of autonomy is also varied (increasing), which should lead to achievement of the objectives of the course at the end of the semester.*

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

*Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída sem exame final*

*Condições de Frequência: Realização dos Trabalhos Práticos / Projectos, com entrega dos respectivos relatórios dentro dos prazos fixados, e com classificação não inferior a 40% da cotação correspondente (8 valores na escala 0-20).*

*Fórmula de avaliação: A classificação final será determinada com base no desempenho nos trabalhos práticos (50%) e no projecto individual (50%), não podendo nenhuma destas componentes ser inferior a 40% da cotação correspondente (8 valores na escala 0-20).*

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

*Type of Evaluation: Evaluation Type: Evaluation Type:*

*Frequency Conditions: Execution of the Practical Work / Projects, with delivery of the respective reports within the established deadlines, and with a rating of not less than 40% of the corresponding quotation (8 values in the 0-20 scale).*

*Assessment formula: The final classification will be determined based on the performance in the practical assignments (50%) and the individual project (50%), none of these components being less than 40% of the corresponding quotation (8 values in the scale 0-20).*

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

*A metodologia de ensino desta UC conjuga três aspetos fundamentais do processo de ensino-aprendizagem: formação teórica, formação prática supervisionada e investigação autónoma. Nas aulas laboratoriais, lecionadas num laboratório de computação, cada estudante disporá de um computador. No entanto, os estudantes serão agrupados em grupos de dois. Por fim, nos projetos de investigação realizados nas aulas finais, os estudantes devem trabalhar de uma forma completamente autónoma. As aulas irão também contribuir para o desenvolvimento de competências relacionadas com o trabalho em equipa, a responsabilidade, o rigor e a capacidade de comunicação de resultados científicos.*

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

*The teaching methodology of this UC combines three fundamental aspects of the teaching-learning process: theoretical training, supervised practical training and autonomous research. In laboratory classes, taught in a computer lab, each student will have a computer. However, students will be grouped into groups of two. Finally, in the research projects carried out in the final classes, students must work in a completely autonomous way. Classes will also contribute to the development of skills related to teamwork, responsibility, rigor and the ability to communicate scientific results.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Yunqian Ma (Editor), Yun Fu (Editor), "Manifold Learning Theory and Applications" CRC Press; 1 edition (6 Jan. 2012); ISBN-10: 1439871094; ISBN-13: 978-1439871096, Jan 2012*

*John A. Lee (Author), Michel Verleysen, "Nonlinear Dimensionality Reduction (Information Science and Statistics)" Springer; 2007 edition (5 Dec. 2007) ISBN-10: 0387393501, ISBN-13: 978-03873935065 Dec 2007*

## Mapa IV - Análise Estatística e Processamento de Sinal / Statistical Analysis and Signal Processing

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Análise Estatística e Processamento de Sinal / Statistical Analysis and Signal Processing*

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

*Ana Paula de Frias Viegas Proença Rocha, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*O estudante deverá:*

- *rever tópicos essenciais de processamento de sinal discreto.*
- *caracterizar sinais aleatórios e séries temporais em tempo, frequência e domínio tempo-frequência / escala, formular modelos adequados, estimar os parâmetros e avaliar a qualidade das estimativas.*
- *utilizar a teoria da estimação linear, estimação linear ótima, filtros de Kalman e Wiener, para resolver problemas de estimação com aplicações em várias disciplinas técnicas.*
- *Selecionar criticamente os métodos para cada estudo de caso concreto com interpretação dos resultados obtidos.*

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

*The student should be able to:*

- *review essential discrete-time signal processing topics.*
- *characterize random signals and time series in time, frequency and time-frequency/scale domain, formulate of suitable models, estimate the parameters, and evaluate the quality of the estimates.*
- *use linear estimation theory, optimal linear estimation, Kalman and Wiener filtering, to solve estimation problems with applications in several technical disciplines.*
- *Critically select the methods for each concrete case study with interpretation of the obtained results.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- *Revisão de processamento digital*
- *tópicos de métodos probabilísticos em sinais, sistemas e séries temporais*
- *medidas de dependência a análise conjunta*
- *estacionariedade e ergodicidade*
- *modelação linear e previsão, análise espectral e filtros*
- *Métodos de análise de sinal guiados por dados*
- *Introdução à análise tempo-frequência e wavelets*
- *Fundamentos de processamento de sinal adaptativo e ótimo. Métodos de mínimos quadrados*
- *Redução de dimensão e decomposição de dados tais como, ACP/KLTransform, decomposição empírica*
- *Introdução a novos paradigmas em processamento de análise de sinal e séries temporais, com tópicos selecionados tais como*
- *Análise de componentes independentes*
- *Processamento Bayesiano de sinal e abordagens baseadas em Monte Carlo*
- *Estudos de casos e análise crítica dos métodos estudados*

### 3.3.5. Syllabus:

- *Digital Signal Processing Review*
- *Topics of probabilistic methods in signals, systems and time series*
- o *Measures of dependence and joint analysis*
- o *Stationarity and ergodicity*
- o *Linear modeling and prediction, spectral analysis and filtering*
- *Data-driven signal analysis methods*
- o *Introduction to time-frequency analysis and wavelets*
- o *Optimal and adaptive signal processing fundamentals. Least mean squares methods.*
- o *Dimension reduction and Data decompositions such as, PCA/KLTransform, Empirical mode decomposition*
- *Introduction to novel paradigms in statistical signal processing and time series, selected topics as*
- o *Independent component analysis*
- o *Bayesian Signal processing and Monte Carlo based approaches*
- *Case study application and critical insight of the studied methods.*

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

*Os conteúdos programáticos incorporam a descrição metodológica e estatística da matéria. Pretende-se que forneçam ao aluno um conjunto sólido de conhecimentos e competências ao nível da análise estatística e processamento de sinal que permita responder a eventuais futuros problemas de modelação nesta área.*

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

*The programmatic contents incorporate the methodological and statistical description of the concepts. It is aimed that this will provide the student with a solid knowledge and competence at the level of statistical analysis and signal processing, and will allow for a solid application of the methodologies in future modelling problems in the area.*

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

*Problemas / Projetos com forte componente laboratorial de computação usando o Matlab (R).*

- *Compreensão dos conceitos e métodos de última geração e seu uso efetivo na extração de informações de sinal e na análise de dados.*
- *Alocação de projeto em coordenação com o projeto individual do estudante, promovendo motivação adicional.*
- *Palestras / workshops com convidados em aplicações em diferentes domínios.*

*Avaliação contínua dos trabalhos (T-50%) e um projeto final (P-50%) a ser apresentado oralmente e sob a forma de um relatório técnico.*

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

*Problems / Projects with strong laboratorial computation hands-on component using Matlab (R).*

- *Understanding of state-of-the-art concepts and methods, and its effective use in signal information extraction and data analysis.*
- *Project allocation in coordination with the student individual project, ensuring additional motivation.*
- *Lessons / workshops with invited speakers on applications in distinct domains.*

*Continuous evaluation from work assignments (T-50%) and a final project (P-50%) to be orally presented and in the form of a technical report.*

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

*As metodologias de ensino incluem aulas formais interativas, fomentando a participação activa dos estudantes. Serão usados livros e artigos científicos como forma de orientar os estudantes para a compreensão dos assuntos; sempre que possível, recorrer-se-á a dados reais para elucidação do desenho e modelação estatística em causa. Serão apresentados vários exemplos elucidativos e propostos vários exercícios.*

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

*Teaching methodologies include formal interactive classes, fostering the active participation of the students. Adequate books and scientific papers will be used and referred to as a way of grounding the acquired knowledge; whenever possible, real data sets will be used. Several elucidative examples will be provided and several exercised will be proposed.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- *R. Shiavi, Applied Statistical Signal Analysis, Academic Press, 2006.*
- *R. H. Shumway, D.S Stoffer. Time Series Analysis and its Applications with R examples. Springer texts in Statistics ISBN: 978-1-4419-7864-6 (Print) 978-1-4419-7865-3 (Online). 2011*
- *S. Vaseghi, Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction, 4th ed, John Wiley 2009*

**Mapa IV - Ciência de Redes / Network Science****3.3.1. Unidade curricular:**

*Ciência de Redes / Network Science*

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

*Pedro Manuel Pinto Ribeiro, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*No final desta unidade curricular os estudantes devem ser capazes de:*

- *explicar os conceitos chave da ciência e análise de redes complexas*
- *aplicar um leque variado de técnicas para caracterizar a estrutura de redes*
- *definir metodologias para analisar redes de diferentes domínios*
- *demonstrar conhecimento da investigação recente na área*

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

*At the end of this curricular unit the students should be able to:*

- *explain the key concepts of network science and network analysis*
- *apply a range of techniques for characterizing network structure*

- *define methodologies for analyzing networks of different fields*
- *demonstrate knowledge of recent research in the area*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- *Introdução e Fundamentos: a emergência de uma ciência das redes; conceitos fundamentais de teoria de grafos; representações de redes em computador; algoritmos clássicos de grafos.*
- *Métricas e propriedades estruturais básicas:*
- *Visualização de Redes.*
- *Propriedades comuns e modelos de redes: redes aleatórias e modelo Erdős-Rényi; propriedade “small-world” e modelo de Watts-Strogatz; propriedade “scale-free” e modelo de Albert-Barabási;*
- *Comunidades: deteção de comunidades; optimização de modularidade;*
- *Padrões e Subgrafos.*
- *Análise de links: ranking de nós, algoritmos HITS, Pagerank e variantes.*
- *Análise de larga escala: o papel da amostragem; algoritmos paralelos; sistemas e bases de dados orientadas a grafos.*
- *Propagação em redes: fluxo de informação; influência; epidemiologia e modelos de propagação.*
- *Outros tópicos: previsão de ligações; alinhamento de redes; análise do papel de um nós; redes temporais.*

### 3.3.5. Syllabus:

- *Introduction and Fundamentals: the emergence of network science; graph theory fundamental concepts; representing networks in computer; classical graph algorithms.*
- *Metrics and basic structural properties.*
- *Network Visualization.*
- *Common properties and network models: random networks and Erdős-Rényi model; “small-world” property and Watts-Strogatz model; “scale-free” property and Albert-Barabási model.*
- *Communities: detecting communities; optimizing modularity.*
- *Patterns and Subgraphs.*
- *Large Scale Analysis: the role of sampling; parallel algorithms, systems and graph-oriented databases.*
- *Propagation in networks: information flow; influence; epidemics and propagation models.*
- *Other topics: link prediction; network alignment; node role analysis; temporal networks.*

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

*O conteúdo programático permite consolidar formação anterior e introduzir um leque vasto de conceitos, métricas e algoritmos para a análise de redes complexas. O largo espectro de metodologias abordadas, conjugadas com exemplos práticos, permite aos alunos modelar fenómenos naturais e artificiais como redes, sendo capazes de as analisar estrutural e funcionalmente sobre vários ângulos, usando toda a informação disponível. A atualidade dos tópicos abordados fornecerá aos estudantes uma ideia do estado-da-arte e alguns dos problemas ainda em aberto.*

### 3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit’s intended learning outcomes:

*The syllabus allows the consolidation of background knowledge and the introduction of a vast range of concepts, metrics and algorithms for the analysis of complex networks. The broad scope of methodologies studied, along with the practical examples, will allow the students to model natural and artificial systems as networks, and to be able to analyze them from a structural and functional point of view with different approaches, using all available information. The usage of very recent and trend topics will allow the students to have a nice overview of the state-of-the-art and of the open research problems.*

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

*Aulas teórico-práticas com apresentação teórica dos tópicos abordados e discussão de exemplos e casos de estudo. Resolução de pequenos problemas com aplicação das metodologias selecionadas e uso de software existente. Implementação de algoritmos selecionados. Desenvolvimento de um projeto de análise de redes. Revisão e apresentação de literatura científica relacionada.*

*Avaliação:*

- *Mini-Testes e Mini-Trabalhos: 35%*

*4 pequenos testes teóricos (+/- 1h cada), alguns mini-trabalhos de aplicação/implementação.*

- *Apresentação/Revisão de artigo: 15%*

*Escolha de um artigo científico muito recente na área para apresentação oral na aula.*

- *Projecto: 50%*

*Desenvolvimento de um projeto de investigação com aplicação de ferramentas e algoritmos de network science, e com a escrita de um artigo descrevendo o trabalho desenvolvido.*

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

*Lectures: exposition of selected topics and discussion of examples and case studies. Solving small problems with the application of the the given methodologies and using existing software. Implementing selected algorithms. Developing a network analysis project. Reviewing and presenting related scientific literature.*

*Evaluation:*

- *Mini-Tests and Mini-Assignments:35%*

*4 small theoretical tests (+/- 1h each), some small application/implementation assignments.*

- *Presenting/Reviewing an article: 15%*

*Choosing a very recent related scientific article and presenting it orally in class*

- *Project: 50%*

*Development of a research project with the application of network science tools and algorithms, and with the creation of a written article describing the work done*

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

*As aulas irão permitir a apresentação e exposição dos tópicos selecionados, sempre tendo em conta a sua relação com exemplos práticos. Os mini-testes e mini-trabalhos irão permitir a consolidação dos conhecimentos e uma avaliação mais individualizada e distribuída da aprendizagem. A apresentação do artigo permitirá um contacto com investigação real e atual. O desenvolvimento do projeto permitirá aprofundar o conhecimento com numa ótica de iniciação à investigação com vertente experimental e de escrita técnica, permitindo trabalho autónomo de estudo, análise e reflexão crítica e oportunidades de trabalho colaborativo.*

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

*The lectures will allow the presentation and exposition of the selected topics, always having into account their relationship with practical examples. The mini-tests and mini-assignments will allow for knowledge consolidation and a more individualized and distributed evaluation of what they are learning. The article presentation will expose the students with real and current research. The project will allow the students to deepen their knowledge and to introduce them to the research process, including experiments and technical writing, and allowing for autonomous study, analysis and critical thinking, as well as some opportunities for collaborative work.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

- Newman, M. "Networks: An Introduction", Oxford University Press, 2010.
- Barabási, A. "Network Science" (available online at <http://barabasi.com/networksciencebook/>)
- Easley, D., Kleinberg, J. "Networks, Crowds, and Markets: Reasoning About a Highly Connected World". Cambridge University Press, 2010.
- Some selected scientific articles

## Mapa IV - Big Data e Cloud Computing / Big Data and Cloud Computing

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Big Data e Cloud Computing / Big Data and Cloud Computing*

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

*Luís Miguel Barros Lopes, TP - 42*

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

*N.A.*

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

- *Instalação de infraestruturas de cloud-computing para aplicações em big-data.*
- *Desenho e implementação de aplicações para big-data usando modelos de programação suportados pela cloud.*
- *Conhecimento e compreensão dos problemas chave e algoritmos nucleares em aplicações de big data.*
- *Experiência prática com ferramentas do estado da arte disponíveis para cloud computing.*

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

- *Deployment of cloud-based infrastructures for big data applications.*
- *Programming big data applications using cloud programming models.*
- *Understanding of core problems and algorithms in big data applications.*
- *Hands-on practice with state-of-the-art tools for cloud computing.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- *Introdução ao big data: desafios, cenários de exemplo sob o ponto de vista científico e empresarial.*
- *O paradigma de cloud computing: modelos de serviço (PaaS, SaaS, IaaS); virtualização, instalação e orquestração de serviços; integração de recursos de computação, networking e armazenamento de dados; expansibilidade, tolerância a falhas, elasticidade.*
- *Soluções de armazenamento em cloud para big data: sistemas de ficheiros de cloud, bases de dados NoSQL e graph-based, object stores.*
- *Aplicações big data de alto desempenho usando modelos de programação suportados pela cloud: MapReduce, programação baseada em streams.*
- *Trabalhos de programação de aplicações big-data em tópicos como streams de dados, grafos de redes sociais, sistemas de recomendação ou bioinformática.*

### 3.3.5. Syllabus:

- *Introduction to big data processing: challenges, example problems from science and business.*
- *The cloud computing paradigm: service models (PaaS, SaaS, IaaS); service virtualization, deployment and orchestration; integration of computing, networking and storage resources; scalability, fault-tolerance, and "elasticity".*

- *Cloud storage solutions for big data: cloud file systems, NoSQL and graph-based databases, “object stores”.*
- *High-performance big data applications using cloud programming models: MapReduce, stream-based programming.*
- *Programming assignments on big data applications on specific topics such as data streams, social-network graphs, recommendation systems, or bioinformatics.*

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

*Os conteúdos programáticos apresentam uma visão conceptual da área de cloud computing e big-data que é complementada com exemplos práticos de cenários e aplicações em diversas áreas. Os projectos de programação permitem aos alunos adquirir a experiência necessária para implementar aplicações de big-data na cloud.*

**3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit’s intended learning outcomes:**

*The syllabus provides a conceptual view of cloud-computing and big-data that is complemented with real world scenarios and applications from different areas of knowledge. The programming assignments develop in the students the competence for implementing big-data in the cloud.*

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

- *Introdução às tecnologias de cloud computing tendo em conta os requisitos das aplicações big data.*
- *Projectos de programação usando ferramentas dos principais fornecedores de serviços cloud (Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud, etc) e computadores do DCC para computação MapReduce.*
- *Aulas por investigadores de diversas áreas sobre aplicações big-data.*

*Avaliação:*

- *Projectos de programação: 50%.*
- *Exame final: 50%.*

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

- *Introduction of cloud computing technologies in tandem with big data application requirements.*
- *Hands-on practice in programming projects using tools by major cloud service providers (Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud, etc) and DCC computer clusters for MapReduce.*
- *Lessons by invited speakers on big data applications in distinct domains.*

*Evaluation:*

- *Programming projects: 50%.*
- *Final exam: 50%.*

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

*O curso mistura uma visão conceptual de cloud-computing aplicada a problemas de big-data com uma aproximação muito virada para a prática na utilização e desenvolvimento autónomo de aplicações, alinhando-se assim claramente com os objectivos propostos.*

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

*The course mixes both conceptual and very practical views of cloud computing for big data providing a good match for the desirable learning outcomes.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- *Mining of Massive Datasets, Jure Leskovec, Anand Rajaraman, Jeff Ullman, Cambridge University Press, 2nd edition, 2014.*
- *Advanced Analytics with Spark - Patterns for Learning from Data at Scale, Sandy Ryza, Uri Laserson, Sean Owen, Josh Wills, O’Reilly Media, 2015*
- *Amazon Web Services in Action, Andreas Wittig & Michael Wittig, Manning Publications, 2017.*
- *Big Data: Principles and best practices of scalable realtime data systems, Nathan Marz, James Warren, 2015*

**Mapa IV - Bioinformática/ Bioinformatics**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Bioinformática/ Bioinformatics*

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

*Vítor Manuel de Morais Santos Costa, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*Pretende-se que o aluno:*

- 1. se familiarize com os conceitos básicos de Bioinformática, com especial ênfase na Biologia Molecular Computacional;*

2. *conheça e compreenda os tipos e fontes de dados usados e os problemas computacionais mais importantes;*
3. *entenda os algoritmos mais importantes e interessantes, em particular no emparelhamento de sequências, filogenia e reconhecimento de padrões (no genoma, proteoma e redes de interação);*
4. *tenha uma perspectiva das ferramentas mais populares e das questões abertas na área.*

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

*It is intended that the student:*

1. *Get familiar with the basics of Bioinformatics, with special emphasis on Computational Molecular Biology;*
2. *know and understand the types and sources of data used and the most important computational problems;*
3. *Understand the most important and interesting algorithms, particularly in sequence pairing, phylogeny and pattern recognition (in the genome, proteome and interaction networks);*
4. *Get a perspective on the most popular tools and open questions in the area.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- *Problemas Computacionais em Biologia Molecular.*
- *Revisão dos Conceitos Fundamentais da Biologia Molecular.*
- *Alinhamento de Genomas.*
- *Alinhamento de Pares de Sequências e alinhamentos múltiplos.*
- *Árvores Filogenéticas.*
- *Modelos Probabilísticos e Cadeias de Markov.*
- *Biologia de Sistemas e Análise de Redes Biológicas.*
- *Novas direções na Bioinformática.*

### 3.3.5. Syllabus:

- *Computational Problems in Molecular Biology.*
- *Review of the Fundamental Concepts of Molecular Biology.*
- *Alignment of Genomes.*
- *Alignment of Sequence Pairs and multiple alignments.*
- *Phylogenetic trees.*
- *Probabilistic Models and Markov Chains.*
- *Biology of Systems and Analysis of Biological Networks.*
- *New directions in Bioinformatics.*

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

*Aulas teóricas: exposição da matéria, acompanhada de exemplos.*

*Aulas práticas laboratoriais: uso de ferramentas existentes, implementação de alguns dos algoritmos e apoio aos trabalhos práticos.*

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

*Theoretical classes: exposition of the subject, accompanied by examples.*

*Practical laboratory classes: use of existing tools, implementation of some of the algorithms and support for practical work.*

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

*A avaliação será distribuída com exame final, com a seguinte divisão:*

*Componente distribuída: peso 13*

*\* Mini-Trabalhos: peso 6 (grupos de no máximo 2 estudantes)*

*\* Apresentação/Revisão de Artigo Científico: peso 7 (individual)*

*Exame Escrito Final: peso 7*

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

*The evaluation will be distributed with final exam, with the following division:*

*Distributed component: weight 13*

*\* Mini-Works: weight 6 (groups of maximum 2 students)*

*\* Presentation / Review of Scientific Article: weight 7 (individual)*

*Final Written Exam: weight 7*

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

*A metodologia de ensino desta UC conjuga três aspetos fundamentais do processo de ensino-aprendizagem:*

*formação teórica, formação prática supervisionada e investigação autónoma. Nas aulas laboratoriais, lecionadas num laboratório de computação, cada estudante disporá de um computador. No entanto, os estudantes serão agrupados em grupos de dois. Por fim, nos projetos de investigação realizados nas aulas finais, os estudantes devem trabalhar de uma forma completamente autónoma. As aulas irão também contribuir para o desenvolvimento de competências relacionadas com o trabalho em equipa, a responsabilidade, o rigor e a capacidade de comunicação de resultados científicos.*

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

*The teaching methodology of this UC combines three fundamental aspects of the teaching-learning process: theoretical training, supervised practical training and autonomous research. In laboratory classes, taught in a computer lab, each student will have a computer. However, students will be grouped into groups of two. Finally, in the research projects carried out in the final classes, students must work in a completely autonomous way. Classes will also contribute to the development of skills related to teamwork, responsibility, rigor and the ability to communicate scientific results.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Durbin Richard. Biological sequence analysis. ISBN: 0-521-62971-3*

**Mapa IV - Computação Paralela / Parallel Computing****3.3.1. Unidade curricular:**

*Computação Paralela / Parallel Computing*

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

*Fernando Manuel Augusto da Silva, TP - 28*

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

*Ricardo Gomes Lopes da Jorge Rocha, TP - 14*

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

*Dotar os estudantes do conhecimento teórico e prático dos modelos de computação orientados para arquiteturas paralelas e distribuídas. Será dada ênfase ao desenvolvimento de competências de programação para memória distribuída com o MPI, e de programação em memória partilhada com processos, threads e OpenMP.*

*Ao completarem esta unidade curricular, os estudantes deverão ser capazes de:*

- *conhecer os principais modelos, paradigmas, ambientes e ferramentas de programação paralela*
- *entender e aferir conceitos relativos à estrutura, funcionamento e desempenho de programas paralelos*
- *formular soluções nos principais paradigmas de programação paralela, nomeadamente MPI, Pthreads e OpenMP*

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

*Introduce the students to advanced concepts on the theory and practice of computational models for parallel and distributed memory architectures. Hands-on experience on programming distributed memory architectures with MPI, and programming shared memory architectures using processes, threads and OpenMP.*

*On completing this course, the students must be able to:*

- *be aware of the main models, paradigms, environments and tools for parallel programming*
- *understand and assess the concepts related to the structure, operation and performance of parallel programs*
- *formulate solutions in the main parallel programming paradigms, namely MPI, Pthreads and OpenMP*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Fundamentos: Concorrência e paralelismo. Taxonomia de Flynn. Metodologia de Foster. Modelos e paradigmas de paralelismo. Memória Distribuída: A especificação MPI, troca explícita de mensagens, protocolos de comunicação, tipos derivados e empacotamento de dados, comunicações colectivas, comunicadores, topologias. Memória Partilhada: Processos, segmentos de memória partilhada, mapeamento de ficheiros em memória partilhada, spinlocks, semáforos. Processos multithreaded com o Pthreads, mutexs, variáveis de condição, chaves. A especificação OpenMP, diretivas de compilação, construtores de work-sharing e sincronização, funções básicas e de locking, variáveis de ambiente, remoção de dependências nos dados. Métricas: Medidas de speedup, eficiência, redundância, utilização. Lei de Amdahl. Lei de Gustafson-Barsis. Métrica de Karp-Flatt. Algoritmos: Estratégias de escalonamento e balanceamento de carga. Paralelização de algoritmos de ordenação, pesquisa, simulação Monte Carlo, e multiplicação de matrizes.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Foundations:*

*Concurrency and parallelism, Flynn taxonomy. Foster's methodology. Major parallel programming models and paradigms.*

*Distributed memory:*

*MPI specification, explicit message passing, communication protocols, Derived types and data packing, collective communication, communicators, topologies.*

*Shared memory:*

*Processes, shared memory segments, shared memory through file mapping, spinlocks, semaphores.*

*Multithreading processes with Pthreads, mutexs, conditional variables, keys.*

*OpenMP specification, compilation directives, basic and work-sharing constructors, synchronisation constructors, basic functions, locking functions, environment variables, removing data dependencies.*

**Metrics:**

*Speedup measures, efficiency, redundancy, usability and quality of a parallel application. Amdahl law. Gustafson-Barsis law. Karp-Flatt metrics.*

**Algorithms:**

*Scheduling and load balancing strategies. Parallel algorithms for sorting, search, monte-carlo simulation, matrix and multiplication.*

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

*Os conteúdos programáticos previstos serão tratados nas aulas teóricas-práticas previstas. Parte das aulas visam introduzir os conceitos relevantes sobre os principais modelos de programação paralela, e uma outra parte (cerca de 40% das aulas) visam a aprendizagem prática, sendo propostos exercícios e pequenos projetos para os estudantes resolverem, implementando soluções nos ambientes MPI e OpenMP, possibilitando-lhes a concretização prática dos conceitos estudados. Todos os objetivos de aprendizagem têm correspondência direta com os conteúdos programados descritos, sendo objeto de trabalho nos diferentes tipos de aulas previstas. Os estudantes são ainda introduzidos a paradigmas mais recentes, não consolidados mas igualmente úteis para lhes possibilitar uma visão mais ampla da área e, portanto, cumprir outro dos objetivos de aprendizagem descritos.*

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

*The proposed syllabus is taught in the scheduled classes. About 60% of the classes will be used to introduce the main concepts on parallel programming models and give practical examples. The other classes will be laboratory classes for the students to acquire practical competence by having to solve exercises and implement small projects using the MPI and OpenMP environments. All learning outcomes have a direct correspondence to the described syllabus, and their achievement results from the class work described. The students are also introduced to recent paradigms in normal classes and also by having to prepare written essays on proposed topics that enlarge the student's vision of the area, thus accomplishing another learning outcome.*

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

*Aulas Teórico-Práticas: exposição e discussão dos conceitos sobre modelos de programação paralela e distribuída; resolução de exercícios e apoio no desenvolvimento de trabalhos práticos de programação ilustrativos dos vários modelos de programação paralela.*

*Avaliação distribuída com exame final.*

*A avaliação dos alunos faz-se por realização de 2 trabalhos práticos e de um exame final escrito. Cada trabalho prático terá um peso total de 3 em 20 valores na classificação final da unidade curricular e o exame final escrito terá um peso de 14 em 20 valores na classificação final da unidade curricular. A classificação mínima no exame é de 40%.*

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

*Lecture classes to introduce the concepts and practical assignments to motivate students on experiencing parallel programming in more than one paradigm.*

*Distributed evaluation with final exam.*

*Students are assessed by their performance in the following components: (a) two practical assignments worth 3 points each out of 20; (b) a written exam in the final of the semester worth 14 points out of 20. The minimum classification in the written exam is 40%.*

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

*Parte das aulas previstas (60%) apresentam, com grande detalhe, os principais paradigmas de programação paralela, para memória distribuída (MPI) e memória partilhada (processos, Pthreads e OpenMP), sempre com recurso a exemplos concretos de programas nos diferentes paradigmas. Uma outra parte das aulas são laboratoriais e são usadas para os alunos resolverem exercícios e para realizar dois trabalhos práticos de programação, um em MPI e outro em Pthreads ou OpenMP, consolidando o seu conhecimento prático. Paradigmas recentes, como a programação para GPU, são introduzidos, mas em menor profundidade. Os trabalhos propostos, além de valorizarem a aprendizagem, contribuem diretamente para a classificação final do estudante.*

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

*Part of the classes introduce the main concepts and present in detail the main parallel programming paradigms for distributed memory (MPI), and shared memory (processes, Pthreads and OpenMP). Concrete programs are given and explained to illustrate the different paradigms. At same time, in other classes the students solve related programming exercises and have to solve two larger programming assignments, one in MPI and another in Pthreads or OpenMP, thus acquiring practical competence in parallel programming. Recent paradigms, such as programming for GPU, are also introduced but with less detail. The proposed assignments help the students to consolidate their knowledge and contribute to their final mark.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Michael J. Quinn; Parallel Programming in C with MPI and OpenMP, McGraw-Hill.*  
*P. Pacheco.; Parallel Programming with MPI, Morgan Kaufmann*  
*B. Nichols, D. Buttler and J.P. Farrell; Pthreads Programming, O'Reilly*  
*R. Chandra, L. Dagum, D. Kohr, D. Maydan, J. McDonald and R. Menon; Parallel Programming in OpenMP, Morgan Kaufmann*  
*M. Mitchell, J. Oldham and A. Samuel; Advanced Linux Programming, New Riders*  
*B. Wilkinson, M. Allen.; Parallel Programming: Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers , Prentice Hall.*

#### Mapa IV - Data Driven Decision Making / Data Driven Decision Making

##### 3.3.1. Unidade curricular:

*Data Driven Decision Making / Data Driven Decision Making*

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

*João Pedro Pedrosa Ramos dos Santos, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*Aprendizagem de modelos híbridos, juntando ferramentas de processamento de dados métodos de otimização, e sua aplicação a problemas de decisão orientados por dados.*

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

*Learning from hybrid models, joining data processing tools, optimization methods, and their application to data-driven decision problems*

##### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

###### 1. Análise de Decisão

- árvores de decisão
- probabilidades condicionais

###### 2. Simulação

- modelos de simulação baseados em geradores de números aleatórios
- problemas de decisão combinando diferentes variáveis aleatórias

###### 3. Introdução à Modelação de Otimização Linear

- formulações, conceitos-chave, métodos de solução gráfica
- construir, resolver e interpretar a solução
- sensibilidade e análise económica
- tomada de decisão informada com otimização linear

###### 4. Introdução à Otimização Não-Linear

- semelhanças e diferenças entre a otimização linear e não-linear
- aplicações

###### 5. Introdução à Otimização discreta

- modelação com variáveis discretas
- otimização discreta para tomar decisões informadas e eficientes

###### 6. Otimização dinâmica

- o papel dos dados
- aplicações

##### 3.3.5. Syllabus:

###### 1. Decision Analysis

- decision trees
- conditional probabilities

###### 2. Simulation

- simulation models based on random number generators
- decision problems combining different random variables

###### 3. Introduction to Linear Optimization Modeling

- formulations, key concepts, graphical solution methods
- constructing, solving, and interpreting the solution
- sensitivity and economic analysis
- informed decision-making with linear optimization

###### 4. Introduction to Nonlinear Optimization

- similarities and differences between linear and nonlinear optimization
- applications

###### 5. Introduction to Discrete Optimization

- modeling with discrete variables
- discrete optimization to make informed and efficient decisions

- 6. *Dynamic Optimization*
- *the role of data*
- *applications*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*O programa da unidade curricular aborda diferentes métodos de otimização e a aplicabilidade de cada um deles na resolução de problemas de decisão orientados por dados.*

**3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The course syllabus addresses different optimization methods and the applicability of each of them in solving data-driven decision problems.*

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

- *Exposição teórica com discussão de casos de estudo.*
- *Projeto: para um problema concreto, estudo aprofundado de algumas técnicas ad hoc selecionadas para a sua resolução.*

*Avaliação distribuída com exame final*  
*Exame 50 %*  
*Trabalho escrito 50 %*

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

- *Theoretical exposition with discussion of case studies.*
- *Project: for a concrete problem, in-depth study of some selected ad hoc techniques for its resolution.*

*Assessment Type Distribution assessment with final exam Assessment Components*  
*Exam 50%*  
*Written work 50%*

**3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A discussão de casos de estudo na exposição teórica permitirá ao aluno o recorrer à aplicação de diferentes técnicas de processamento de dados e métodos de otimização para a resolução de um problema de decisão em concreto.*

**3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The discussion of case studies in the theoretical exposition will allow the student to resort to the application of different data processing techniques and optimization methods to solve a concrete decision problem.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- *Bertsimas, Dimitris, and Robert Freund. Data, Models, and Decisions: The Fundamentals of Management Science. Belmont, MA: Dynamic Ideas, 2004. ISBN: 097591460X.*
- *Data Analysis and Decision Making Albright, Winston & Zappe South-Western, Cengage Learning, 2011*

#### Mapa IV - Data Stream Mining / Data Stream Mining

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Data Stream Mining / Data Stream Mining*

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

*João Manuel Portela da Gama, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*O estudante deverá compreender os fundamentos e os algoritmos aplicados à análise de data streams. Deverá também saber aplicar esses algoritmos a novos problemas e proceder à sua avaliação.*

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

*The student should understand the fundamentals and algorithms applied to data streams analysis, as well as to be able to apply these algorithms to new problems and evaluate them.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- *Fundamentos de fluxos de dados, Hoeffding bounds*
- *Algoritmos e ferramentas; algoritmos online para aprendizagem em fluxos de dados*
- *Avaliação; validação cruzada adaptada, avaliação prequential*
- *Aplicações: dados de sensores, internet das coisas*

### 3.3.5. Syllabus:

- *Fundamentals of data streams: sufficient statistics, Hoeffding bounds;*
- *Algorithms and tools: online algorithms for data stream learning*
- *Evaluation: adapted cross-validation, prequential evaluation*
- *Applications: Sensor data, Internet of things*

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

*O programa da unidade curricular aborda os fundamentos assim como a aplicação prática dos algoritmos a problemas concretos, incluindo a avaliação das soluções.*

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

*The program of the curricular unit addresses the fundamentals as well as the practical application of the algorithms to concrete problems, including the evaluation of the solutions.*

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

*Aulas expositivas com exercícios práticos.*

*Avaliação distribuída com exame final*

*Avaliação prática - incluindo trabalhos práticos (50%) e avaliação teórica (50%)*

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

*Lectures with practical exercises.*

*Assessment Type: Distributed assessment with final exam*

*Assessment Components*

*Practical assessment - including assignments (50%) and theoretical assessment (50%)*

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

*As aulas incluem a descrição teórica de conceitos e algoritmos, o que possibilita sua compreensão completa pelos alunos. Elas incluem também exercícios práticos que, combinados com os trabalhos práticos permitirão aos estudantes o desenvolvimento de competências práticas.*

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

*Lectures include the theoretical description of concepts and algorithms, which enables their full understanding by the students. They include practical exercises as well which combined with assignments will enable the development of practical skills.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Knowledge Discovery from Data Streams (Chapman & Hall/CRC Data Mining and Knowledge Discovery Series) 1st Edition by Joao Gama*

## Mapa IV - Estatística Aplicada/Applied Statistics

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Estatística Aplicada/Applied Statistics*

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

*Joaquim Fernando Pinto da Costa, TP - 42*

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

*N.A*

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

*No final do curso, espera-se que os alunos:*

- 1) *sentir-se à vontade com conceitos básicos da Inferência Estatística*
- 2) *ter um amplo conhecimento e compreensão dos modelos de regressão linear*
- 3) *para poder expandir a regressão linear para a regressão Ridge e LASSO e para aplicar corretamente os modelos em situações reais*

- 4) *para poder expandir a regressão linear para modelos lineares generalizados e aplicar corretamente os modelos em situações reais*
- 5) *interpretar criticamente os resultados de qualquer um dos modelos anteriores*
- 6) *desenvolver habilidades de pensamento crítico.*

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

*At the end of the course, the students are expected:*

- 1) *to feel at ease with basic concepts from Statistical Inference*
- 2) *to have a broad knowledge and understanding of linear regression models*
- 3) *to be able to expand linear regression to Ridge and LASSO regression, and to correctly apply the models to real situations*
- 4) *to be able to expand linear regression to generalized linear models, and correctly apply the models to real situations*
- 5) *critically interpret the results from any of the previous models*
- 6) *develop critical thinking skills.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Os principais tópicos a serem abordados são:*

- 1) *Conceitos básicos de inferência estatística: distribuições de amostragem, estimadores pontuais, intervalos de confiança e testes de hipóteses.*
- 2) *Regressão linear simples e correlação*
- 3) *Regressão linear múltipla: modelo, estimativa de parâmetros, testes de hipóteses, seleção de variáveis, avaliação da qualidade de ajuste do modelo, comparações de modelos e diagnósticos.*
- 4) *Regressão Ridge e LASSO*
- 5) *Análise de variância*
- 6) *Modelos lineares generalizados. Modelos binomiais de regressão logística e Poisson.*

### 3.3.5. Syllabus:

*The main topics to be approached are:*

- 1) *Basic concepts from Statistical Inference: sampling distributions, point estimators, confidence intervals and hypotheses tests.*
- 2) *Simple linear regression and correlation*
- 3) *Multiple linear regression: the model, parameter estimation, hypotheses tests, selection of variables, evaluation of the model's goodness of fit, model comparisons, and diagnostics.*
- 4) *Ridge and LASSO regression*
- 5) *Analysis of variance*
- 6) *Generalized linear models. Binomial logistic and Poisson regression models.*

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

*Os conteúdos programáticos incorporam a descrição metodológica e estatística dos desenhos experimentais mais comuns. Pretende-se que forneçam ao aluno um conjunto sólido de conhecimentos e competências ao nível da análise estatística que permita responder a eventuais futuros problemas de modelação.*

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

*The programmatic contents incorporate the methodological and statistical description of the most popular experimental designs. It is aimed that this will provide the student with a solid knowledge and competence at the level of statistical analysis, and will allow for a solid application of the methodologies in future modelling problems.*

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

*Aulas de tipo teórico-prático com diferentes exemplos de aplicação das técnicas e modelos estatísticos apresentados em laboratório computacional, usando a linguagem de programação R. Aulas de tipo "O" para apoio aos trabalhos práticos computacionais.*

1. *Obtenção de frequência: realização de um trabalho, com apresentação oral.*
2. *Existem 2 testes ao longo do semestre. A nota final, após estes dois testes e o trabalho, é calculada da seguinte forma: o 1º teste toma valores em [7,10], o 2º teste em [4,7] e o trabalho em [5,8]. Das 3 componentes, aquela em que o aluno teve melhor classificação vale, para esse aluno, o valor máximo no intervalo acima. A pior componente vale, para esse aluno, o valor mínimo no intervalo acima. À outra componente são retirados 2 valores ao máximo do intervalo.*
3. *No exame há de novo duas partes e a fórmula de cálculo da nota final é igual.*  
*O aluno obterá dispensa de exame se a soma da nota dos 2 testes com a do trabalho for  $\geq 9.5$  valores.*

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

*Classes will be of type theoretical-practical, with several examples of application, using statistical programming with R. Classes of type "O" will support the practical work.*

1. *Frequency: the students will have to develop, and orally present, a written project*
2. *There are 2 tests along the semester. Once the students perform the tests and the project, their mark (before the examination periods) is computed as follows:*  
b1) *1st test [7,10]; 2nd test [4,7]; written project [5,8]*  
b2) *From these 3 components, the one where the student got the highest score is worth the maximum of the respective interval. The worst component gets the min. of the respective interval. The other component is attributed the max. of*

*its interval minus 2.*

**3. The final exam has two parts, the formula for the final score being the same.**

*To be able to dismiss the final examination, the students need a mark  $\geq 9.5$  (out of 20) in their distributed evaluations (test 1, test 2 and the written project)*

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

*As metodologias de ensino incluem aulas formais interativas, fomentando a participação activa dos estudantes. Serão usados livros e artigos científicos como forma de orientar os estudantes para a compreensão dos assuntos; sempre que possível, recorrer-se-á a dados reais para elucidação do desenho e modelação estatística em causa. Serão apresentados vários exemplos elucidativos e propostos vários exercícios.*

*As metodologias de ensino acima mencionadas serão ajustadas de modo a permitir que os estudantes integrem os objetivos da unidade curricular.*

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

*Teaching methodologies include formal interactive classes, fostering the active participation of the students. Adequate books and scientific papers will be used and referred to as a way of grounding the acquired knowledge; whenever possible, real data sets will be used. Several elucidative examples will be provided and several exercised will be proposed.*

*The aforementioned teaching methodologies will be adjusted to allow students to integrate the objectives of the curricular unit*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Lecture notes provided by the lecturers.*

*Julian Faraway, Extending the Linear Model with R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models. Chapman & Hall/CRC Texts in Statistical Science, 2006. ISBN: 158488424X.*

*L Fahrmeir, G Tutz. Multivariate Statistical Modelling based on Generalized Linear Models, 2nd edition. Springer – New York (2001)*

*J. K. Lindsey, Applying Generalized Linear Models, Springer – New York (1997).*

**Mapa IV - Análise de Dados Longitudinal / Longitudinal Data Analysis**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Análise de Dados Longitudinal / Longitudinal Data Analysis*

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

*Ana Rita Pires Gaio, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*No final da unidade curricular, o aluno deve ser capaz de:*

- a) Identificar corretamente cenários de medições repetidas e de dados longitudinais*
- b) Perceber e conduzir modelos de regressão linear (Gaussiana) nesses contextos, usando modelos com efeitos mistos ou o método dos mínimos quadrados generalizado.*
- c) Perceber e conduzir modelos lineares generalizados (em particular, modelo binomial logístico e modelo de Poisson) com efeitos mistos.*
- d) Interpretar e criticar corretamente os resultados obtidos por aplicação das metodologias acima descritas.*

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

*At the end of the course, the students are expected to:*

- a) correctly identify scenarios of repeated measurements and/or longitudinal data.*
- b) understand and perform (Gaussian) linear regression analysis within those contexts, using either mixed effects models or the generalized least squares method.*
- c) understand and perform generalized linear models (in particular, the binomial logistic model and the Poisson model) with mixed effects.*
- d) correctly interpret and criticize the results obtained from the application of the above models.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Método dos mínimos quadrados generalizado*

*2. Regressão linear com efeitos mistos (efeitos fixos e efeitos aleatórios)*

*3. Modelos lineares generalizados com efeitos mistos (modelo binomial logístico e modelo de Poisson). Equações de estimação generalizadas.*

**3.3.5. Syllabus:**

1. *Generalized least squares method.*
2. *Gaussian) linear regression with mixed effects (fixed effects and random effects)*
3. *Generalized linear models with mixed effects. Generalized Estimating Equations.*

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

*Os conteúdos programáticos incorporam a descrição metodológica e estatística dos modelos de regressão longitudinal mais comuns, para variáveis resposta seguindo uma distribuição Gaussiana, binomial ou de Poisson (modelos de contagens). Pretende-se que forneçam ao aluno um conjunto sólido de conhecimentos e competências ao nível da análise estatística que permita responder a eventuais futuros problemas de modelação.*

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

*The programmatic contents incorporate the methodological and statistical description of the most popular longitudinal regression models, for responses following a Gaussian, binomial or Poisson distribution (count models). It is aimed that this will provide the student with a solid knowledge and competence at the level of statistical analysis, and will allow for a solid application of the methodologies in future modelling problems.*

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

*As aulas serão simultaneamente teóricas e práticas, com vários exemplos de aplicação e fazendo uso, sempre que necessário, de ferramentas computacionais estatísticas. O software usado será a linguagem de programação em ambiente de software R, gratuito. Será dado especial ênfase à descrição teórica do modelo em causa em cada situação e à interpretação dos resultados.*

*As metodologias de ensino acima mencionadas serão ajustadas de modo a permitir que os estudantes integrem os objetivos da unidade curricular.*

*A avaliação será distribuída com um exame final. Durante o semestre, os alunos terão de escrever e apresentar dois trabalhos escritos. O exame final será efectuado na época normal e/ou época de recurso. A classificação final corresponderá à média das classificações obtidas no exame e nos trabalhos. A classificação obtida nos trabalhos não poderá ser melhorada em nenhuma das duas épocas de exame e será apenas válida durante o corrente ano lectivo.*

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

*The classes will be simultaneously theoretical and practical with several examples of application and always making use of available statistical programming. The used software will be the free programming language R. Basic principles and careful modelling will be emphasized.*

*The teaching methodologies will be adjusted so that students will be able to integrate the objectives of the curricular unit.*

*The evaluation will be distributed with a final examination. During the semester, the students will be required to write and orally present two reports. There will be a final examination at the standard two evaluation periods, namely "época normal" and "época de recurso". The final mark will correspond to the average of the classifications obtained in the examination and in the reports. The mark obtained in the written reports cannot be improved in any of the two standard evaluation periods and will only be valid for that scholar year.*

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

*As metodologias de ensino incluem aulas formais interativas, fomentando a participação activa dos estudantes. Serão usados livros e artigos científicos como forma de orientar os estudantes para a compreensão dos assuntos; sempre que possível, recorrer-se-á a dados reais para elucidação do modelo estatístico em causa. Serão apresentados vários exemplos elucidativos e propostos vários exercícios.*

*As metodologias de ensino acima mencionadas serão ajustadas de modo a permitir que os estudantes integrem os objetivos da unidade curricular*

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

*Teaching methodologies include formal interactive classes, fostering the active participation of the students. Adequate books and scientific papers will be used and referred to as a way of grounding the acquired knowledge; whenever possible, real data sets will be used. Several elucidative examples will be provided and several exercised will be proposed.*

*The aforementioned teaching methodologies will be adjusted to allow students to integrate the objectives of the curricular unit*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Bates Douglas M.; Nonlinear regression analysis and its applications. ISBN: 9780470139004*

*José Pinheiro e Douglas Bates; Mixed Effects Models in S and S Plus , Springer, 2000. ISBN: ISBN-13: 978-147578144*

*Zuur Alain F., ed. lit. 340; Mixed Effects and Extensions with R. ISBN: 978-1-4419-2764-4*

**Mapa IV - Introdução à Ciência de Dados / Introduction to Data Science**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Introdução à Ciência de Dados / Introduction to Data Science*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Luís Fernando Rainho Alves Torgo (TP - 42)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*N.A.*

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

*Os alunos deverão ficar com uma perspectiva abrangente dos diferentes passos que envolvem um projeto típico de Data Science. Para cada um destes passos algumas das técnicas principais serão apresentadas, sendo detalhes mais aprofundados deixados para outras UCs. Esta UC deverá permitir aos alunos um melhor enquadramento dos tópicos aprofundados noutras UCs, dando-lhes uma perspectiva geral do encaixe destes e da sua importância no contexto de projetos concretos de Data Science.*

*Serão ainda fornecidos exemplos concretos de aplicação das técnicas principais de Data Science por forma a permitir, desde já, uma abordagem baseada em casos de estudo concretos.*

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

*Students will obtain a global perspective of the different steps of a typical Data Science project. For each of these steps some of the main techniques and methods will be presented, with further details left for other more specific UCs. The current UC will allow students to better frame the different topics addressed by the other UCs, giving them a general perspective of how they fit within the Data Science area and of their importance in the context of specific Data Science projects.*

*The UC will also provide concrete examples of the application of the main Data Science techniques, thus immediately providing a case-base approach to learning Data Science.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- O modelo CRISP-DM;
- Problemas de Negócio e Coleção de Dados;
- Modelação
- Análise exploratória de dados;
- Análise de agrupamento;
- Modelos de previsão;
- Metodologias de avaliação;
- Reporting e implementação do processo de DM

**3.3.5. Syllabus:**

- The CRISP-DM model;
- Data Collection and Business Understanding;
- Modeling
- Exploratory Data Analysis;
- Clustering;
- Predictive Analytics;
- Evaluation methodologies;
- Reporting and deployment

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

*Os conteúdos programáticos definidos para esta unidade curricular pretendem dotar o aluno do conhecimento das etapas essenciais a um projeto de Data Science. Pretende-se que o aluno seja capaz de definir o problema, recolher dados, aplicar e avaliar algumas das técnicas principais de modelação e interpretar os resultados obtidos.*

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

*The syllabus contents defined for this course unit are intended to provide the student with knowledge of the essential steps to a Data Science project. The goal is that the student will be able to define the problem, collect data, apply and evaluate some of the main modeling techniques and interpret the obtained results.*

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

*Nas aulas será usado o método expositivo, sendo apresentada uma visão organizada dos temas do programa, bem como exemplos práticos da aplicação dos mesmos.*

*A avaliação será feita de forma distribuída com exame final.*

*A avaliação da UC é distribuída, composta por dois (2) testes teóricos durante o semestre (ou em alternativa um exame final), e um (1) trabalho prático no final do semestre.*

*O cálculo da classificação final é feito pela média pesada das notas práticas e teóricas através da fórmula:*

$$NF = 0.60 * NTeórica + 0.40 * NPrática$$

*em que, NTeórica é a média das notas nos dois testes teóricos ou da nota de exame e NPrática é dada pela realização de um trabalho prático.*

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

*During classes topics will be exposed with the help of practical examples.*

*Evaluation will be carried out in a distribution form together with a final exam.*

*This UC uses distributed evaluation formed by two (2) theoretical tests during the semester (or alternatively a final exam), and one (1) practical assignment at the end of the semester.*

*The final grade will be calculated as the weighted average of the practical and theoretical grades using the following formula:*

$$NF = 0.60 * NTh + 0.40 * NPra$$

*where, NTh is the average of the grades in the two tests or the grade in the final exam, and NPra is the grade of the practical assignment.*

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

*As principais técnicas de Data Science apresentadas na unidade curricular serão exemplificadas em casos concretos de estudo para que o aluno consiga ter uma visão da aplicabilidade e conjugação das mesmas num projeto de Data Science.*

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

*The main Data Science techniques presented in the curricular unit will be exemplified in concrete cases of study so that the student can have a vision of the applicability and conjugation of them in a Data Science project.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

1. L. Torgo. *Data Mining with R, learning with case studies, second edition, 2017. Chapman and Hall/CRC . ISBN: 9781482234893*
2. J. Han , M. Kamber and J. Pei. *Data Mining - Concepts and Techniques (3rd edition), 2011. ISBN: 9780123814791*

## Mapa IV - Machine Learning / Machine Learning

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Machine Learning / Machine Learning*

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

*Alípio Mário Guedes Jorge, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*Os alunos deverão ficar a conhecer os fundamentos algorítmicos da aprendizagem automática. Deverão ser capazes de selecionar os algoritmos adequados para cada problema e de aplicar os algoritmos a novos conjuntos de dados e a compreender e avaliar os seus resultados.*

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

*Students should be aware of the algorithmic fundamentals of machine learning. They should be able to select the appropriate algorithms for each problem and apply the algorithms to new datasets and understand and evaluate their results.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- Modelos lineares, mínimos quadrados, encolhimento (Lasso)
- Vizinhos mais próximos
- Teoria estatística da decisão
- Compromisso viés-variância
- Modelos de mistura
- Avaliação: Cruzada e bootstrap; medidas; utilização de testes de hipóteses
- Máxima verosimilhança; Expectation-Maximization e amostragem de Gibbs; MCMC;
- Boosting e Bagging
- Redes Neurais, auto-encodes e deep-learning;
- Métodos de núcleo e SVM;
- Embeddings, fatorização de matrizes e descida por gradiente

**3.3.5. Syllabus:**

- *Linear models: least squares, shrinkage (Lasso);*
- *Nearest neighbours;*
- *Statistical decision theory;*
- *Bias-variance tradeoff;*
- *Mixture models;*
- *Evaluation: Cross validation and bootstrap; measures; using statistical testing;*
- *Maximum Likelihood; Expectation-Maximization and Gibbs sampling; MCMC;*
- *Boosting and Bagging;*
- *Neural Networks, auto-encoders and deep learning;*
- *Kernel methods and SVM;*
- *Embeddings, matrix factorization and gradient descent.*

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

*Nesta UC serão abordados os mais fundamentais algoritmos de aprendizagem, a sua aplicação e avaliação o que permite compreendê-los e aplicá-los competentemente.*

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

*In this unit the most fundamental machine learning algorithms will be studied, as well as their application and evaluation. This enables their understanding and competent application.*

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

*Nas aulas será usado o método expositivo, sendo apresentada uma visão organizada dos temas do programa, bem como exemplos práticos de aplicação dos mesmos.*

*Avaliação prática (trabalhos) 50% e avaliação teórica (testes e/ou exame final) 50%*

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

*In the classes will be used the expository method, being presented an organized view of the themes of the program, as well as practical examples of their application.*

*Practical assessment (assignments) 50% and theoretical assessment (tests and / or final exam) 50%*

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

*As partes expositivas das aulas servirão para fazer a introdução dos algoritmos e dos seus fundamentos, assim como para fazer a descrição da sua aplicação e avaliação. As partes práticas permitirão aos estudantes treinar as suas competências de resolução de problemas concretos.*

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

*The lectures will be used to introduce the algorithms and their fundamentals, as well as to describe their application and evaluation. The practical parts will enable students to train their problem-solving skills.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Hastie, T., Tibshirani, R., and Friedman, J. H.. (2009). The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction, Second Edition. Springer Series in Statistics: Springer.*

*Shai Shalev-Shwartz, Shai Ben-David, (2014). Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms, Cambridge University Press.*

**Mapa IV - Séries Temporais e Previsão / Time Series and Forecasting****3.3.1. Unidade curricular:**

*Séries Temporais e Previsão / Time Series and Forecasting*

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

*Maria Eduarda da Rocha Pinto Augusto da Silva, TP - 42*

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

*N.A.*

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

- *Explicar os principais conceitos de séries temporais e previsão;*
- *Selecionar e aplicar os métodos de previsão apropriados;*
- *Utilizar o software e obter previsões;*
- *Sintetizar os resultados de uma análise de séries temporais.*

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

- *Explain basic time series concepts and terminology*
- *Select time series methods appropriate to produce forecast*
- *Use appropriate software*
- *Concisely summarize results of a time series analysis*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Noção de série temporal. Padrões de dados temporais. Medidas de correlação e correlação cruzada e sua estimação. Estacionaridade. Uso do R para análise de séries temporais.*

*Métodos de decomposição de séries temporais. Análise exploratória. Estimação e extração das componentes de uma série temporal: tendência, ciclo e sazonalidade. O método de alisamento linear local. Método STL. Médias móveis. Alisamento exponencial. Previsão.*

*Modelos probabilísticos para séries temporais. Modelos ARMA. Estimação e previsão. Modelos ARIMA para séries não estacionárias. Modelos sazonais. Modelos SARIMA. Previsão.*

*Metodologia Box-Jenkins para a modelação – identificação, estimação e controlo do diagnóstico. Selecção de modelos. Testes de raízes unitárias. Previsão.*

*Análise e previsão na presença de muitas séries temporais. Formas de representação dos dados de séries temporais. Sumário das características mais relevantes. Selecção automática de modelos. Previsão automática.*

**3.3.5. Syllabus:**

*Introduction. Time series data and their characteristics. Measures of dependence: autocorrelation and cross-correlation. Stationary time series. Estimation of correlation. Use of R for time series analysis.*

*Time series decomposition and exponential smoothing. Exploratory data analysis. Estimation of trend, cycle and seasonal components. Loess, STL and “Bureau of the Census” decompositions. Moving averages, exponential smoothing. Forecasting.*

*Time series models. ARMA models. Estimation and forecasting. Integrated ARIMA models for nonstationary data. Multiplicative Seasonal ARIMA models. Forecasting.*

*Box-Jenkins methodology: building SARIMA models- identification, estimation and diagnostic. Model selection. Unit root tests. Forecasting.*

*Visualizing and forecasting big time series data. representation of many time series. Summarization of main characteristics. Automatic model selection. Automatic forecasting.*

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

*Esta UC permite o primeiro contacto dos estudantes com a problemática da análise de dados correlacionados, pelo que os conteúdos programáticos abordam os conceitos fundamentais e os métodos básicos desta matéria. Os conteúdos escolhidos são apresentados de forma gradativa, com ênfase na ligação entre as características teóricas e a prática. Após a introdução dos princípios básicos o tema abordado na UC é inserido no tema do curso: Data Science.*

**3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit’s intended learning outcomes:**

*This CU introduces the students to the statistical analysis of correlated data. Therefore, the syllabus addresses the first principles and basic methodology in a gradual way, emphasizing the connection between the theoretical characteristics and practice. The syllabus then addresses issues related to the overall theme Data Science.*

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

*Aulas Teórico-Práticas: exposição e discussão dos conceitos sobre análise de séries temporais; resolução de exercícios e apoio no desenvolvimento de trabalhos práticos de com vista à obtenção de previsões.*

*Avaliação distribuída com exame final.*

*A avaliação dos alunos faz-se por realização de (a) um teste (15%); um exame final escrito (35%); um projecto com relatório e apresentação oral (50%). A classificação mínima em qualquer das componentes é de 40%.*

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

*Lecture classes to introduce the concepts and practical assignments to motivate students on the analysis of time series and forecasting.*

*Distributed evaluation with final exam.*

*Students are assessed by their performance in the following components: (a) mid-term test (15%); (b) final exam (35%); project with report and presentation (50%). The minimum classification in any of the components is 40%.*

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

*Parte das aulas previstas (65%) apresentam, com grande detalhe, os principais conceitos e a prática da análise de séries temporais e a obtenção de previsões. Uma outra parte das aulas são laboratoriais e são usadas para os alunos resolverem exercícios teóricos e práticos, com dados simulados e dados reais, consolidando o seu conhecimento e desenvolvendo aptidões que lhes permitem analisar séries temporais. Estas aulas contribuem também para a elaboração do projecto.*

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

*Part of the classes introduce the main concepts of time series analysis and the steps leading to the production of forecasts. In other classes the students solve exercises and practice time series analysis with simulated and real data, helping to develop expertise in forecasting. These classes contribute effectively to the development of the project which contributes to the final mark.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Robert H. Shumway, David S. Stoffer, Time Series Analysis and its Applications: with R examples, 4th edition, Springer, 2017*

*Rob Hyndman, George Athanasopoulos, Forecasting: principles and practice. Otexts, 2013 (open access book: <https://www.otexts.org/book/fpp>)*

**Mapa IV - Estatística e Análise de Dados / Statistics and Data Analysis****3.3.1. Unidade curricular:**

*Estatística e Análise de Dados / Statistics and Data Analysis*

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

*Joaquim Fernando Pinto da Costa, TP - 28*

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

*Maria Paula Brito da Silva, TP - 14*

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

*O estudante deverá ser capaz de:*

- reconhecer diferentes problemas de análise de dados e de os resolver empregando os métodos abordados e com recurso ao software R.
- preparar, resolver e apresentar projetos computacionais de análise de dados, onde os vários modelos apresentados são discutidos, avaliados e comparados perante casos concretos.
- resolver exercícios computacionais e não computacionais sobre as metodologias abordadas.

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

*The student should be able to:*

- to recognize different problems of data analysis and to solve them using the discussed methods and the software R.
- prepare, solve and present data analysis computational projects, where the several presented models are discussed, evaluated and compared to concrete cases.
- solve computational and non-computational exercises on the methodologies

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- 1) *Introdução e formulação de um problema de classificação supervisionada e não supervisionada. alguns exemplos de aplicação.*
- 2) *Breve resumo de vetores aleatórios.*
- 3) *Distribuição normal multivariada.*
- 4) *Análise em componentes principais (ACP).*
- 5) *Análise Classificatória: métodos hierárquicos e não hierárquicos.*
- 6) *Teoria da decisão estatística.*
- 7) *Análise discriminante linear e quadrática. Regressão logística.*
- 8) *Tópicos de aprendizagem estatística.*

**3.3.5. Syllabus:**

- 1) *Introduction and formulation of a supervised and unsupervised classification problem. Examples of application.*
- 2) *Brief summary of random vectors.*
- 3) *Multivariate normal distribution.*
- 4) *Principal component analysis (PCA).*
- 5) *Classification Analysis: hierarchical and non-hierarchical methods.*
- 6) *Statistical decision theory.*
- 7) *Linear and quadratic discriminant analysis. Logistic regression.*
- 8) *Topics of Statistical Learning*

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

*Os conteúdos programáticos incorporam a descrição metodológica e estatística da análise de dados. Pretende-se que forneçam ao aluno um conjunto sólido de conhecimentos e competências ao nível da análise estatística que permita responder a eventuais futuros problemas de modelação nesta área.*

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

*The programmatic contents incorporate the methodological and statistical description of data analysis. It is aimed that this will provide the student with a solid knowledge and competence at the level of statistical analysis, and will allow for a solid application of the methodologies in future modelling problems in the area.*

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

*As aulas são acompanhadas por material disponibilizado pelo docente, incluindo fichas de exercícios referentes a cada uma das secções programáticas, e ainda pela utilização de Software de Estatística, em computador.*

*Avaliação distribuída com exame final. O exame tem um peso de 40% e os trabalhos um peso de 60%.*

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

*Classes are accompanied by material provided by the teacher, including exercises sheets for each of the program sections, as well as the use of computer software.*

*Distributed evaluation with final exam. The exam has a weight of 40% and practical assignments a weight of 60%.*

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

*As metodologias de ensino incluem aulas formais interativas, fomentando a participação activa dos estudantes. Serão usados livros e artigos científicos como forma de orientar os estudantes para a compreensão dos assuntos; sempre que possível, recorrer-se-á a dados reais para elucidação do desenho e modelação estatística em causa. Serão apresentados vários exemplos elucidativos e propostos vários exercícios.*

*As metodologias de ensino acima mencionadas serão ajustadas de modo a permitir que os estudantes integrem os objetivos da unidade curricular.*

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

*Teaching methodologies include formal interactive classes, fostering the active participation of the students. Adequate books and scientific papers will be used and referred to as a way of grounding the acquired knowledge; whenever possible, real data sets will be used. Several elucidative examples will be provided and several exercised will be proposed.*

*The aforementioned teaching methodologies will be adjusted to allow students to integrate the objectives of the curricular unit*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome H. Friedman. The Elements of Statistical Learning: data mining, inference, and prediction. Springer Series in Statistics, 2009.*

*Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stork. Pattern Classification, 2nd edition. Wiley 2000.*

**Mapa IV - Tópicos Avançados em Data Science / Advanced Topics in Data Science****3.3.1. Unidade curricular:**

*Tópicos Avançados em Data Science / Advanced Topics in Data Science*

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

*Rita Paula Almeida Ribeiro, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*O estudante deverá ser capaz de:*

- *reconhecer diferentes problemas resolúveis através da utilização das técnicas de data mining abordadas e especificadas nos conteúdos;*
- *identificar e especificar tarefas de data mining idênticas às abordadas;*
- *obter e pré-processar dados para os algoritmos e as tarefas abordadas;*
- *compreender e utilizar algoritmos de data mining;*
- *obter, interpretar, avaliar e utilizar modelos de data mining;*
- *implementar alguns dos algoritmos e propor alterações para os melhorar.*

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

*The student shall be able to:*

- *recognize different problem solved by using the data mining techniques addressed and specified in the contents;*
- *identify and specify data mining tasks identical to those addressed;*
- *obtain and preprocess data for the algorithms and tasks addressed;*
- *understand and use data mining algorithms;*
- *obtain, interpret, evaluate and use data mining models;*
- *implement some of the algorithms and propose changes to improve them.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- *Association Pattern Mining: itemsets frequentes e regras de associação; algoritmo Apriori; sumarização de itemsets e seleção de regras; algoritmo FP-Growth.*
- *Sequential Pattern Mining: algoritmo GSP; algoritmo PrefixSpan.*
- *Web Mining: information retrieval; sistemas de recomendação; link analysis.*
- *Text Mining: clustering de documentos; classificação de documentos.*
- *Outlier Mining: desafios; técnicas não supervisionadas, semi-supervisionadas e supervisionadas.*

**3.3.5. Syllabus:**

- *Association Pattern Mining: frequent itemsets and association rules; Apriori algorithm; itemsets summarization and rules selection; FP-Growth algorithm.*
- *Sequential Pattern Mining: GSP algorithm; PrefixSpan algorithm.*
- *Web Mining: information retrieval; recommender systems; link analysis.*
- *Text Mining: document clustering; document classification.*
- *Outlier Mining: challenges; unsupervised, semi-supervised and supervised techniques.*

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

*Esta unidade curricular apresenta uma visão geral das técnicas de Data Mining aplicáveis a um conjunto de tarefas específicas relacionadas com a extração de conhecimento a partir de diversas fontes de dados (e.g. transações, web, texto). Pretende-se que, ao fornecer esta visão geral, o aluno seja capaz de identificar tarefas de Data Mining semelhantes às abordadas e compreender a metodologia proposta por cada algoritmo apresentado.*

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

*This course presents an overview of the applicable Data Mining techniques to a set of specific tasks related to the extraction of knowledge from different data sources (e.g. transactions, web, text). It is intended that, in providing this overview, the student will be able to identify Data Mining tasks similar to those addressed and to understand the methodology proposed by each presented algorithm.*

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

*Aulas de caráter teórico-prático onde serão expostos os temas contemplados no programa e fornecidos alguns exemplos práticos de aplicação.*

*A avaliação da disciplina é distribuída, composta por dois (2) testes teóricos durante o semestre (ou em alternativa um exame final), e um (1) trabalho prático durante o semestre.*

*O cálculo da classificação final é feito pela média pesada da nota prática e das notas teóricas através da fórmula:*

$$NF = 0.70 * NT + 0.30 * NP$$

*em que,*

*NT é a média das notas nos dois testes teóricos ou da nota de exame e*

*NP é dada pela realização do trabalho.*

*Haverá dois testes durante o semestre. Estes não são obrigatórios, mas quem obtiver nota mínima em cada teste e cada trabalho e tiver a média NF positiva (acima de 9.5), não precisa ir fazer o exame final.*

*Nota mínima nos testes e nos trabalhos práticos: 35% (7 valores em 20)*

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

*The assessment of the unit is distributed and it is composed of two (2) theoretical tests and one (1) practical assignment.*

*The final grade is given as a weighted average of the practical grade and the theoretical grades using the following formula:*

$$G_{Final} = 0.70 * GT + 0.30 * GP$$

*where,*

*GT is the average of the grades on the two theoretical tests or of the final exams and*

*GP is given by the grade of the practical assignment*

*There will be 2 tests during the semester. These are not compulsory, but everyone that obtains minimum grade in each test, and in each practical assignment, and whose final grade (G<sub>Final</sub>) is positive (above 9.5), does not need to go to the final exam.*

*Minimum grade of the tests and the practical assignment: 35% (7 out of 20)*

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

*A exposição teórica de alguns dos algoritmos mais conhecidos para as tarefas de data mining apresentadas na unidade curricular será, sempre que possível, acompanhada por exercícios que permitam ao aluno aplicação dos mesmos a conjuntos de dados disponibilizados para o efeito. Com o trabalho prático, o aluno deverá ser capaz de identificar o algoritmo que melhor se adequa à tarefa de data mining que lhe é apresentada, proceder ao pré-processamento de dados que possa ser necessário e interpretar, de forma crítica, os resultados obtidos.*

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

*The theoretical exposition of some of the best known algorithms for the data mining tasks presented in the course will, whenever possible, be accompanied by exercises that allow the student to apply them to data sets made available for this purpose. With the practical assignment, the student should be able to identify the algorithm that best suits the data mining task presented to him, to proceed to the pre-processing of data that may be necessary and to critically interpret the results obtained.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Liu Bing; Web data mining. ISBN: 9783642194597*

*Hand David; Principles of data mining. ISBN: 9780262082907*

*Charu C. Aggarwal; Data Mining - The Textbook, Springer, 2015. ISBN: 978-3-319-14141-1*

**Mapa IV - Tópicos Avançados em Inteligência Artificial / Advanced Topics in Artificial Intelligence**

**3.3.1. Unidade curricular:**

*Tópicos Avançados em Inteligência Artificial / Advanced Topics in Artificial Intelligence*

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

*João Pedro Pedroso Ramos dos Santos, TP - 28*

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

*Inês de Castro Dutra, TP - 14*

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

*Este curso centra-se nas sinergias da associação de métodos de aprendizagem computacional / "deep learning" a métodos de pesquisa e otimização. Esses métodos baseiam-se nos últimos desenvolvimentos em algoritmos de pesquisa, "deep learning", e aprendizagem por reforço; considera-se que esta associação dá aos computadores um desempenho ao nível do humano. Pretende-se potenciar informação disponível em conjuntos de dados massivos (machine learning), extraíndo-a e utilizando-a em ações concretas (operações). Aplicações vão desde a visão computacional e reconhecimento de fala a sistemas de apoio à decisão de alto nível, incluindo sistemas de saúde, transportes e logística, comércio e serviços de informação, e redes energéticas.*

*O curso complementa e aprofunda os conhecimentos adquiridos nas disciplinas de "Desenho e Análise de Algoritmos" e de "Inteligência Artificial".*

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

*This course focuses on the synergies of the association of computational / deep learning methods with search and optimization methods. These methods are based on the latest developments in search algorithms, deep learning, and reinforcement learning; it is considered that this association gives computers a human-level performance. The intention is to leverage information available in massive data sets (machine learning), extracting it and using it in concrete actions (operations). Applications range from computer vision and speech recognition to high-level decision support systems, including healthcare systems, transportation and logistics, trade and information services, and energy networks.*

*The course complements and deepens the knowledge acquired in the disciplines of "Design and Analysis of Algorithms" and "Artificial Intelligence".*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Revisão de conceitos fundamentais em inteligência artificial*
2. *Aprendizagem não supervisionada*
3. *Sistemas de decisão baseados em conhecimento*
4. *Algoritmos de pesquisa e otimização*
5. *Aprendizagem e métodos de Monte Carlo*
6. *Redes neuronais, "deep learning"*
7. *Algoritmos para pesquisa, aprendizagem e otimização*

**3.3.5. Syllabus:**

1. Review of fundamental concepts in artificial intelligence
2. Unsupervised learning
3. Knowledge-based Decision Systems
4. Search and Optimization Algorithms
5. Monte Carlo Learning and Methods
6. Neural networks, "deep learning"
7. Algorithms for search, learning and optimization

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

*Assim como mencionado na seção Objetivos, esta disciplina centra-se nas sinergias da associação de métodos de aprendizagem computacional / "deep learning" a métodos de pesquisa e otimização. O conteúdo programático aborda todos os temas relacionados com estes objetivos. O item 6 do programa abrange métodos que baseiam-se nos últimos desenvolvimentos em algoritmos de pesquisa, "deep learning", e aprendizagem por reforço; Os itens 1 a 5 complementam toda a parte de aprendizagem de máquina e algoritmos de pesquisa. Além disso, a disciplina aprofunda temas já abordados nas disciplinas de Desenho e Análise de Algoritmos (Algoritmos de pesquisa básicos) e Inteligência Artificial (conceitos avançados de busca, representação e descoberta de conhecimento).*

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

*As mentioned in the Objectives section, this discipline focuses on the synergies of the association of computational / deep learning methods with search and optimization methods. The syllabus addresses all issues related with these objectives. Program item 6 covers methods that are based on the latest developments in search algorithms, "deep learning", and reinforcement learning; Items 1 through 5 complement the with subjects related with machine learning and advanced search algorithms. In addition, the discipline deepens contents already covered in the disciplines of Design and Analysis of Algorithms (Basic Research Algorithms) and Artificial Intelligence (advanced concepts of search, representation and knowledge discovery).*

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

*As metodologias de ensino incluem aulas formais interativas, fomentando as componentes expositiva com interpelação e diálogo com os estudantes. Incluem-se, sempre que necessário, palestras envolvendo os estudantes num processo mais ativo, e recorre-se ao estudo de "case studies" / artigos, com recurso a ferramentas como livros, artigos e internet, procurando orientar os estudantes de forma estruturada para a compreensão dos assuntos; aulas práticas laboratoriais, onde os estudantes executam experiências, implementam algoritmos cruciais na área e/ou usam programas de análise de dados que lhes permitem desenvolver competências laboratoriais e informáticas transversais e integradas na área da inteligência artificial. As metodologias de ensino acima mencionadas serão ajustadas de modo a permitir que os estudantes integrem os objetivos da unidade curricular.*

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

*Teaching methodologies include formal interactive classes, fostering the expository components with interpellation and dialogue with students. It includes, whenever necessary, lectures involving students in a more active process, and the study of "case studies" / articles, using tools such as books, articles and internet, are aimed at orienting the students in a structured way to understanding the subjects; practical laboratory classes where students perform experiments, implement crucial algorithms in the field and / or use data analysis programs that enable them to develop cross-cutting and integrated laboratory and computer skills in the area of artificial intelligence. The aforementioned teaching methodologies will be adjusted to allow students to integrate the objectives of the curricular unit.*

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

*As metodologias de ensino incluem aulas formais interativas, fomentando as componentes expositiva com interpelação e diálogo com os estudantes. Incluem-se, sempre que necessário, palestras envolvendo os estudantes num processo mais ativo, e recorre-se ao estudo de "case studies" / artigos, com recurso a ferramentas como livros, artigos e internet, procurando orientar os estudantes de forma estruturada para a compreensão dos assuntos; aulas práticas laboratoriais, onde os estudantes executam experiências, implementam algoritmos cruciais na área e/ou usam programas de análise de dados que lhes permitem desenvolver competências laboratoriais e informáticas transversais e integradas na área da inteligência artificial. As metodologias de ensino acima mencionadas serão ajustadas de modo a permitir que os estudantes integrem os objetivos da unidade curricular*

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

*Teaching methodologies include formal interactive classes, fostering the expository components with interpellation and dialogue with students. It includes, whenever necessary, lectures involving students in a more active process, and the study of "case studies" / articles, using tools such as books, articles and internet, is aimed at orienting the students in a structured way for the Understanding of subjects; practical classes will allow the students to implement important algorithms in the area and also use machine learning toolkits that allow them to develop transversal and integrated laboratory and computer skills in the area. The aforementioned teaching methodologies will be adjusted to allow students to integrate the objectives of the curricular unit.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Battiti Roberto; The LION way. ISBN: 9781496034021*

*Bibliografia Complementar:*

*Hastie Trevor; The elements of statistical learning. ISBN: 9780387848570*  
*Wolsey Laurence A.; Integer programming. ISBN: 9780471283669*  
*Haykin Simon S. 1931; Neural networks. ISBN: 9780132733502*  
*Russell Stuart J. (Stuart Jonathan); Artificial intelligence. ISBN: 9780132071482 pbk*  
 Vários artigos ISI na área (incluído dos professores) / Several ISI papers (including from the teachers)

#### Mapa IV - Visão Computacional / Computer Vision

##### 3.3.1. Unidade curricular:

*Visão Computacional / Computer Vision*

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

*Miguel Tavares Coimbra, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*No final, espera-se que os alunos:*

- 1. Compreendam os conceitos básicos da visão humana.*
- 2. Fiquem familiarizados com as várias tecnologias de captação de imagem.*
- 3. Aprendam as técnicas básicas de processamento de imagem.*
- 4. Aprendam as técnicas básicas de processamento de vídeo.*
- 5. Aprendam as técnicas básicas de reconhecimento de padrões.*
- 6. Descubram os campos aplicacionais da visão computacional mais importantes actualmente.*

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

*In the end, it is expected that students:*

- 1. Understand the basic concepts of human vision.*
- 2. Become familiar with the various imaging technologies.*
- 3. Learn the basic techniques of image processing.*
- 4. Learn the basic techniques of video processing.*
- 5. Learn the basic techniques of pattern recognition.*
- 6. Discover the most important application fields of computer vision today.*

##### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- Imagem digital: O sistema visual humano, formação de uma imagem, representação digital de uma imagem, cor, ruído.*
- Processamento de imagem: Manipulação ponto a ponto, filtros espaciais, extracção de estruturas geométricas, segmentação.*
- Processamento vídeo: Fluxo óptico, compressão vídeo.*
- Reconhecimento de padrões: Introdução, representação do conhecimento, reconhecimento estatístico de padrões, aprendizagem máquina.*
- Campos de aplicação.*

##### 3.3.5. Syllabus:

- Digital image: The human visual system, formation of an image, digital representation of an image, color, noise.*
- Image processing: Point-to-point manipulation, spatial filters, extraction of geometric structures, segmentation.*
- Video processing: Optical flow, video compression.*
- Pattern Recognition: Introduction, knowledge representation, statistical recognition of patterns, machine learning.*
- Fields of application.- New directions in Bioinformatics.*

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

*Aulas teóricas: exposição da matéria, acompanhada de exemplos.*

*Aulas práticas laboratoriais: uso de ferramentas existentes, implementação de alguns dos algoritmos e apoio aos trabalhos práticos.*

*No final, espera-se que os alunos:*

- 1. Compreendam os conceitos básicos da visão humana.*
- 2. Fiquem familiarizados com as várias tecnologias de captação de imagem.*
- 3. Aprendam as técnicas básicas de processamento de imagem.*
- 4. Aprendam as técnicas básicas de processamento de vídeo.*
- 5. Aprendam as técnicas básicas de reconhecimento de padrões.*
- 6. Descubram os campos aplicacionais da visão computacional mais importantes actualmente.*

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

*Theoretical classes: exposition of the subject, accompanied by examples.*

*Practical laboratory classes: use of existing tools, implementation of some of the algorithms and support for practical work.*

*In the end, it is expected that students:*

1. Understand the basic concepts of human vision.
2. Become familiar with the various imaging technologies.
3. Learn the basic techniques of image processing.
4. Learn the basic techniques of video processing.
5. Learn the basic techniques of pattern recognition.
6. Discover the most important application fields of computer vision today.

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

*Avaliação distribuída com exame final.*

*Avaliação Prática (AP):*

- *Será proposto um trabalho prático, a entregar no final do semestre.*
- *Este trabalho consistirá na criação de uma plataforma informática de ferramentas de visão computacional. A maioria destas será implementada nas aulas práticas, usando a linguagem de programação JAVA.*
- *O trabalho será apresentado ao docente no final do semestre.*

*Nota mínima: 40% (8 valores)*

*Exame Escrito (EE):*

- *Os alunos terão que responder a um exame teórico-prático.*

*Nota mínima: 40% (8 valores)*

*Classificação Final (CF):*

- *A classificação final é obtida pela seguinte fórmula:  $CF = 0.50 \times EE + 0.50 \times AP$*

*Nota mínima: 9.5 valores*

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

*Distributed evaluation with final exam.*

*Practical Assessment (AP):*

- *A practical work, to be delivered at the end of the semester, will be proposed.*
- *This work will consist of the creation of a computer platform of computer vision tools. Most of these will be implemented in practice classes using the JAVA programming language.*
- *The work will be presented to the teacher at the end of the semester.*

*Minimum mark: 40% (8 points)*

*Written Exam (EE):*

- *Students will have to take a theoretical-practical exam.*

*Minimum mark: 40% (8 points)*

*Final Classification (FC):*

- *The final classification is obtained by the following formula:  $CF = 0.50 \times EE + 0.50 \times AP$*

*Minimum note: 9.5 values*

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

*A metodologia de ensino desta UC conjuga três aspetos fundamentais do processo de ensino-aprendizagem: formação teórica, formação prática supervisionada e investigação autónoma. Nas aulas laboratoriais, lecionadas num laboratório de computação, cada estudante disporá de um computador. No entanto, os estudantes serão agrupados em grupos de dois. Por fim, nos projetos de investigação realizados nas aulas finais, os estudantes devem trabalhar de uma forma completamente autónoma. As aulas irão também contribuir para o desenvolvimento de competências relacionadas com o trabalho em equipa, a responsabilidade, o rigor e a capacidade de comunicação de resultados científicos.*

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

*The teaching methodology of this UC combines three fundamental aspects of the teaching-learning process: theoretical training, supervised practical training and autonomous research. In laboratory classes, taught in a computer lab, each student will have a computer. However, students will be grouped into groups of two. Finally, in the research projects carried out in the final classes, students must work in a completely autonomous way. Classes will also contribute to the development of skills related to teamwork, responsibility, rigor and the ability to communicate scientific results.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Gonzalez Rafael C.; Digital image processing. ISBN: 0-13-008519-7*

## Mapa IV - Visualização de Dados / Data Visualization

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Visualização de Dados / Data Visualization***3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***Álvaro Pedro de Barros Borges Reis Figueira, TP - 36***3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***Pedro Manuel Pinto Ribeiro, TP - 14***3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Os estudantes deverão ficar a compreender os principais conceitos por detrás de um gráfico estatístico. Deverão ainda dominar os principais tipos de gráficos (univariados, multivariados e de rede), os conceitos por detrás dos gráficos condicionados, bem como técnicas de visualização interativa. Deverão ainda ser capazes de distinguir e aplicar correctamente os tipos de gráficos ao problema de visualização, tendo também em atenção as propriedades de integridade gráfica.**Os estudantes deverão ser capazes de criar gráficos usando a ferramenta R, concretamente através da infra-estrutura proporcionada pela package ggplot2.***3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Students shall be expected to understand the key concepts behind a statistical chart. They shall also master the main types of graphs (univariate and multivariate), the concepts behind the conditioned graphs, as well as interactive visualization techniques. Students should also be able to correctly distinguish and apply the types of graphs to the visualization problem, also taking into account the graphical integrity properties.**Students shall be able to create graphs using the R tool, specifically through the infrastructure provided by the ggplot2 package.***3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- *Elementos fundamentais na visualização gráfica de dados*
- *Tipos de gráficos, adequação ao problema e integridade gráfica*
- *Criação de gráficos para dados univariados e multivariados*
- *Representação gráfica de redes complexas*
- *Gráficos condicionais, temporais e com valores multi-agregados*
- *Painéis para manipulação interactiva de visualizações gráficas simultâneas*

**3.3.5. Syllabus:**

- *Main concepts for the graphic visualization of data*
- *Types of graphs, graph integrity and graph compliance to the problem*
- *Statistical graphs for univariate and multivariate data*
- *Conditional graphs, temporal and with multi-aggregated information*
- *Interactive data visualization through multiple panels*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Os estudantes necessitam de compreender as categorias para a representação gráfica de forma a poderem fazer a correcta correspondência entre a visualização do problema e a sua correcta representação gráfica. Questões de integridade gráfica permitem obter gráficos mais legíveis e com melhor correspondência com o fenómeno que representam. Pretende-se recorrer às ferramentas mais avançadas em uso corrente na área, de forma a proporcionar aos estudantes uma experiência realista com as ferramentas mais usadas.***3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***Students need to understand the categories for the graphical representation so that they can correctly match the visualization of the problem and its correct graphical representation. Graphic integrity issues allows them to get graphics that are more readable and better matched to the phenomenon they represent. It is intended to use the most advanced tools in current use in the area, in order to provide students with a realistic experience with the most commonly used tools.***3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***Será usada "avaliação distribuída com exame final".**A avaliação da disciplina é composta por um teste teórico durante o semestre (ou em alternativa um exame final), e um trabalho prático no final do semestre.**O cálculo da classificação final é feito pela média pesada das notas práticas e teóricas através da fórmula:**NotaFinal = 0.50 \* NotaTrabalho + 0.50 \* NTesteOuExame**Os estudantes não obtêm frequência à unidade curricular se algum dos componentes de avaliação tiver nota inferior a 35%.***3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):***"Distributed evaluation with final exam" will be used.**The evaluation consists of a theoretical test during the semester (or alternatively a final exam), and a practical assignment at the end of the semester.*

*The calculation of the final classification is done by the average weighted of the practical and theoretical notes through the formula:*

*EndNote = 0.50 \* CGrade + 0.50 \* TestOrExamGrade*

*Students do not obtain a course unit if any of the evaluation components has a mark lower than 35%.*

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

*Usa-se a metodologia tradicional de exposição de conteúdos, complementada com exemplos de situações práticas, bem como a execução aplicada dos conhecimentos para melhorar a consolidação dos conhecimentos e a capacidade de aplicação em novas situações. A nível dos trabalhos práticos procura-se ainda o desenvolvimento de capacidades de análise e síntese, e de criatividade na busca de soluções alternativas para os problemas.*

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

*The traditional methodology of contents exposition is used, complemented with examples of practical situations, as well as the applied execution to improve the consolidation of the obtained knowledge and skills, and the capacity to apply them in new situations. At the level of the practical course work, we also seek the development of analytical and synthesis capacities and creativity skills in the search for alternative solutions to problems.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

- *The Grammar of Graphics, L. Wilkinson, 2005. ISBN-10: 0387245448*
- *The Visual Display of Quantitative Information, 2nd Edition, Edward Tufte, 2001. ISBN-10: 0961392142*
- *The Elements of Graphing Data 2nd Edition, William Cleveland, 1994. ISBN-10: 0963488414*
- *Visualizing Data, William Cleveland, 1993. ISBN-10: 0963488406*
- *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis, Hadley Wickham. ISBN-10: 0387981403*
- *Tableau Your Data: Fast and Easy Visual Analysis with Tableau Software, 2nd Edition, Daniel G. Murray 2016. ISBN-10: 1119001196. ISBN-13: 978-1119001195*
- *Visualizing Graph Data, Corey L Lanum, 2016. ISBN-10: 1617293075*

## **Mapa IV - Tópicos Avançados em Bases de Dados / Advanced Topics in Databases**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Tópicos Avançados em Bases de Dados / Advanced Topics in Databases*

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

*Michel Celestino Paiva Ferreira, TP - 42*

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

*N.A.*

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

*Pretende-se que os alunos adquiram os conhecimentos para a utilização de sistemas de gestão de bases de dados na perspectiva da respectiva inclusão em código de programas escritos em linguagens de programação genéricas (C, Python), dominando as Application Programming Interfaces de sistemas de gestão de bases de dados como o MySQL ou o PostGRES. Pretende-se também transmitir os principais conceitos teóricos de implementação de bases de dados, levando os alunos a implementarem em linguagens de programação genéricas conceitos como técnicas de junção ou operadores de agregação. Os alunos devem ainda ganhar competências na utilização de bases de dados com atributos complexos, como sejam as bases de dados espaciais e a representação vectorial de objectos geométricos com distribuição especial.*

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

*It is intended that students acquire the necessary knowledge to use database management systems under the perspective of its embedding in generic programming languages (such as C or Python), mastering the Application Programming Interfaces of database management systems such as MySQL or PostGRES. It also intended to convey to students the main theoretical concepts of the implementation of relational database management systems, taking students to implement in generic programming languages concepts such as join techniques and aggregation operators. Students should also gain competences in using databases with complex attributes, such as spatial databases and the vectorial representation of geometric objects with spatial distribution.*

### **3.3.5. Conteúdos programáticos:**

*Utilização de bases de dados relacionais em ambientes de programação.*

*Implementação de Bases de Dados.*

*Bases de Dados Distribuídas.*

*Bases de Conhecimento.*

*Bases de Dados Espaciais. Conceitos, modelação e indexação multi-dimensional.*

*Data Warehousing.*

*Operadores de agregação multi-dimensionais. Cube By.*

*Novos Tipos de Bases de Dados*

**3.3.5. Syllabus:**

*Relational Data Bases in Programming Environments*  
*Data Base Implementation.*  
*Distributed Data Bases.*  
*Knowledge Bases.*  
*Spatial Data Bases: principles, modelling, multi-dimensional indexing.*  
*Data Warehousing and cubes.*  
*Novel DBs (NoSQL and others)*

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

*Os conteúdos programáticos abordam os principais tópicos em sistemas de bases de dados avançados. A utilização de bases de dados em ambientes de linguagens de programação genéricas permite a interação e o desenvolvimento de competências envolvendo as principais APIs neste contexto. A abordagem de tópicos avançados como sejam as bases de dados distribuídas ou as bases de dados dedutivas ou de conhecimento permitem motivar a implementação pelos alunos de diversas técnicas algorítmicas neste contexto, desde algoritmos de junção até algoritmos de convergência para pontos fixos em bases de dados dedutivas. Tudo isto é feito usando as referidas APIs. Também a ênfase em bases de dados espaciais permite desenvolver a competência na manipulação de dados complexos e respectiva indexação com estruturas específicas e diferentes das variantes escalares estudadas previamente.*

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

*The syllabus is in coherence with curricular unit's intended learning outcomes as they address the main topic in advanced databases. The use of databases in programming environments, within generic programming languages, allows the interaction and the development of competences involving the main APIs in this context. The addressing of advanced topics such as distributed databases or deductive databases allow motivating the implementation by the students of several algorithmic techniques in this context, from join algorithms to fixpoint convergence algorithms in the context of deductive databases. All these implementations are done using the above mentioned APIs. In addition, the focus on spatial databases allows developing the competence in dealing with complex data and its specific indexing mechanisms, which differ substantial from the previously studied scalar variations.*

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

*As aulas abordam os diversos conceitos teóricos subjacentes às diversas componentes do programa. Os conhecimentos transmitidos nestas aulas de exposição são materializados em exemplos desenvolvidos nas aulas teórico-práticas em ambiente de laboratório. São disponibilizados diversos exemplos do mundo-real, com bases de dados populadas com diversa informação.*  
*Avaliação distribuída com exame final: a avaliação dos alunos faz-se por realização de 1 submissão laboratorial e de um exame final escrito. A submissão vectorial envolve exercícios práticos que devem ser completamente resolvidos no computador por cada aluno, envolvendo a resolução de consultas com SQL e extensões espaciais. Esta submissão tem um peso total de 5 em 20 valores na classificação final da disciplina e o exame final escrito terá um peso de 15 em 20 valores na classificação final da disciplina. A classificação mínima no exame é de 40%.*

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

*Classes address the main theoretical concepts of each of the components listed in the syllabus. Knowledge conveyed in these lectures are materialized in examples developed in laboratorial classes. Several databases populated with real-world data are made available to the students, supporting the practical exercises of the laboratorial classes.*  
*Distributed evaluation with final exam: students are assessed by their performance in the following components: (a) practical laboratory exercise worth 5 points out of 20; (b) a written examination in the final of the semester worth 15 points out of 20.*

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

*A divisão em aulas de exposição teórica e em aulas de laboratório permite apresentar de forma formal os diversos conceitos, com amplo suporte pedagógico, enquanto que as aulas laboratoriais permitem consolidar e motivar com exemplos práticos os conceitos e técnicas apresentadas. A avaliação traduz esta dualidade também.*

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

*The division in theoretical lectures exposing the main concepts allows presenting in a formal manner the different concepts, supported by extensive pedagogical material. The laboratorial classes allow materializing the presented concepts, motivating with real-world exercises such concepts and techniques. The evaluation is in sync with the theoretical and laboratorial criteria.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- *MySQL (4th Edition)*, Paul DuBois, Addison-Wesley Professional
- *Spatial Databases: With Application to GIS (The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems)* [Hardcover], Philippe Rigaux (Author), Michel Scholl (Author), Agnès Voisard (Author)
- *Knowledge-Based Systems* [Paperback], Rajendra Akerkar (Author), Priti Sajja (Author)

**3.3.1. Unidade curricular:***Programação e Bases de Dados / Programming and Databases***3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***Michel Celestino Paiva Ferreira, TP - 42***3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***N.A.***3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Os estudantes deverão ficar a conhecer os principais conceitos de programação, ilustrados através das duas linguagens de programação mais usada para análise de dados (R e Python). Serão iniciados às principais estruturas de dados, aos conceitos da programação orientada aos objetos bem como alguns algoritmos de procura essenciais. Os estudantes serão introduzidos aos principais tópicos ligados às bases de dados relacionais. Serão ensinados conceitos básicos de modelação de dados usando o modelo EER. Serão ainda ensinados conceitos básicos SQL.***3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Students should get to know the main concepts of programming, illustrated through the two programming languages most used for data analysis (R and Python). Major data structures, object-oriented programming concepts as well as some essential search algorithms will be introduced. Students will be introduced to key topics related to relational databases. Basic concepts of data modeling will be taught using the EER model. They will be taught basic SQL concepts.***3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- *Introdução à Programação usando R e Python*
- *Estudo de conceitos e algoritmos úteis à análise de dados*
- *Introdução às bases de dados relacionais*
- *Modelação EER*
- *SQL*

**3.3.5. Syllabus:**

- *Introduction to programming using R and Python;*
- *Study of concepts and algorithms useful for data analysis;*
- *Introduction to relational databases;*
- *EER modeling;*
- *SQL*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Nesta UC serão abordados conceitos fundamentais de programação e bases de dados relacionais tendo em conta as necessidades mais específicas da análise de dados, o que permitirá aos estudantes a sua compreensão e aplicação.***3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***This course will address fundamental concepts of programming and relational databases taking into account the more specific needs of data analysis, which will allow students to understand them and apply them.***3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***Nas aulas será usado o método expositivo, sendo apresentada uma visão organizada dos temas do programa, bem como exemplos práticos de aplicação dos mesmos.**Avaliação distribuída com exame final.**A avaliação da disciplina é distribuída, composta por dois (2) testes teóricos durante o semestre (ou em alternativa um exame final), e dois (2) trabalhos práticos durante o semestre.**O cálculo da classificação final é feito pela média pesada das notas práticas e teóricas através da fórmula:*

$$NF = 0.60 * NTeórica + 0.40 * NPrática$$

*em que,**NTeórica é a média das notas nos dois testes teóricos ou da nota de exame e**NPrática é dada pela média das notas dos trabalhos práticos.**Haverá dois testes durante o semestre. Estes não são obrigatórios, mas quem obtiver nota mínima em cada teste e trabalho e tiver a média NF positiva (acima de 9.5), não precisa ir fazer o exame final.**Nota mínima nos testes e nos trabalhos práticos: 35% (7 valores em 20)***3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*In the classes will be used the expository method, being presented an organized view of the themes of the program, as well as practical examples of their application.*

*The evaluation of the course is distributed, consisting of two (2) theoretical tests during the semester (or alternatively a final exam), and two (2) practical assignments during the semester.*

*The calculation of the final classification is done by the average weighed of the practical and theoretical notes through the formula:*

$$NF = 0.60 * NTeórica + 0.40 * NPrática$$

*on what,*

*NTeorica is the average of the marks in the two theoretical tests or the exam grade and*

*NPratica is given by the average grade of practical assignments.*

*There will be two tests during the semester. These are not required, but those who obtain a minimum grade in each test and work and have the average NF positive (above 9.5) do not need to take the final exam.*

*Minimum mark in tests and practical assignments: 35% (7 values out of 20)*

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

*As partes expositivas das aulas servirão para fazer a introdução dos conceitos relevantes de programação e bases de dados. As partes práticas permitirão aos estudantes treinar as suas competências de resolução de problemas concretos.*

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

*The lecturing parts will be used to introduce the relevant concepts of programming and databases. The practical parts will enable students to train their problem-solving skills.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

- *Think Python, Allen B. Downey, ISBN-10: 144933072X*
- *Software for Data Analysis: Programming with R, John Chambers. ISBN-10: 0387759352*
- *Advanced R, Hadley Wickham. ISBN-10: 1466586966*
- *R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data, Hadley Wickham and Garrett Grolemund. ISBN-10: 1491910399*
- *Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython, Wes McKinney. ISBN-10: 1491957662*
- *A first course in database systems; Ullman Jeffrey D., ISBN: 0-13-887647-9*
- *Fundamentals of database systems; Elmasri Ramez;. ISBN: 0-321-20448-4*

## **Mapa IV - Gestão e Empreendedorismo / Management and Entrepreneurship**

### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Gestão e Empreendedorismo / Management and Entrepreneurship*

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

*Catarina Isabel Marques Maia (TP - 42)*

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

*N.A.*

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

*Pretende-se, nesta disciplina, que os alunos:*

- *Disponham de uma visão global sobre a gestão das organizações e que, em particular, compreendam as principais opções estratégicas que se colocam às empresas;*
- *Apreendam noções básicas sobre análise económico-financeira de empresas que lhes permitam analisar os principais documentos contabilísticos de síntese;*
- *Adquiram competências básicas em matéria de empreendedorismo, que lhes permitam, a partir de uma ideia, construir um projecto empresarial ou negócio.*

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

*The purpose of this course is to provide students with:*

- *A global vision on organization's management and an comprehensive knowledge on the major strategically issues that enterprises have to deal with;*
- *An understanding of financial and economical analysis needed to evaluate financial and accounting reporting information;*
- *The basic skills on entrepreneurship matters that may allow students to built their own business or financial project.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:****1. A perspetiva estratégica.**

*Definições de estratégia. A visão concorrencial: atratividade da indústria, modelo das cinco forças, posicionamento concorrencial, modelo da cadeia de valor. A visão baseada nos recursos. Comparação e integração de enquadramentos.*

**2. A perspetiva financeira.****2.1 Conceitos básicos de matemática financeira.****2.2 Conceitos básicos de análise financeira****2.3 Análise de projetos de investimento.****3. A perspetiva da inovação.**

*Empreendedorismo tecnológico. Os desafios da comercialização de tecnologia. Ligações Tecnologia-Produto-Mercado. Condicionantes da apropriação dos retornos da inovação. Modelos de negócios. Planeamento orientado à descoberta*

**3.3.5. Syllabus:****1. A strategy perspective.**

*Definitions of strategy. The competitive-based view: industry attractiveness, five forces model, competitive positioning, value chain model. Resource-based view. Comparing and integrating frameworks.*

**2. A financial perspective.****2.1 Basic concepts of financial mathematics.****2.2 Basic concepts of financial analysis.****2.2 Capital budgeting and Analysis of Investment Projects****3. An innovation perspective.**

*Technology entrepreneurship. The challenges of technology commercialization. Technology-Product-Market linkages. Determinants of the appropriation of returns from innovation. Business models. Discovery-driven planning*

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

*Os tópicos apresentados no programa na disciplina têm como objectivo fornecer aos estudantes todo o “background” necessário para poderem autonomamente desenvolver os seu próprios projetos de negócio e pô-los em prática.*

**3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit’s intended learning outcomes:**

*The topics presented in the theory classes aim at providing the students with the adequate background to develop and implement their own business ideas and plans.*

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

*Aulas teórico-práticas, com exposição teórica complementadas com exemplos e exercícios práticas. Realização de 3 testes em aula (análise financeira, análise de projetos de investimento, estratégia e empreendedorismo). Realização de um trabalho prático com o objectivo de desenvolver um modelo de negócio baseado em evidências para um projeto empresarial.*

*Avaliação distribuída. A Classificação Final (CF) desta disciplina resulta da soma da Classificação dos Testes (CT1, CT2 e CT3) e da Classificação do Trabalho Prático (CTP), que vale 8 valores. da seguinte expressão:*

*$CF=0,2 \times CT1+0,2CT2+0,2CT3+0,4CTP$ . A classificação em cada uma das componentes de avaliação (CT1, CT2, CT3 e CTP) não pode ser inferior a 8 valores.*

*Melhorias de nota serão realizadas exclusivamente por exame (100% da nota obtida no exame final).*

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

*Theory-practical classes. Three evaluation tests (financial analysis, capital budgeting, and strategy and entrepreneurship) and a major practical assignment with the goal of developing a evidence-based business model for a new venture.*

*Distributed evaluation. The final classification (CF) of this course results from the sum of score obtained in the tests (CT1, CT2, and CT3) and the practical assignment classification (CTP), obtained through the following expression:*

*$CF=0,2 \times CT1+0,2CT2+0,2CT3+0,4CTP$ . Each classification of each individual assessment component (CT1, CT2, CT3 and CTP) can not be less than 8 values.*

*Improvement of final grade can only be made by final exam (100% of obtained score in the final exam).*

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

*As aulas teóricas propiciam o “background” sobre o desenho e implementação de ideias de negócio aos estudantes.*

*A realização de um trabalho prático que simula precisamente todo este processo de forma realista contribui fortemente para garantir que os alunos atingem os objectivos pretendidos. A avaliação final, baseada no exame final e na nota do trabalho prático, garante que ambas as componentes de conhecimento são devidamente absorvidas.*

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

*The theoretical classes provide the appropriate background on business development and implementation. The practical assignment that allows the simulation of the entire process in a realistic way is a good check that the students acquired the competences aimed for. The evaluation based on the final exam and the grade from the practical assignment makes sure both components are thoroughly absorbed.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

- Blank, Steve, and Dorf, Bob; ; *The Startup Owner's Manual: The Step-By-Step Guide for Building a Great Company*, K&S Ranch, Inc. Publishers, 2012. ISBN: 0984999302
- Brigham, E. F. e Capenski, L. C. – *Financial Management, Theory and Practice, 8th Edition – The Dryden Press, 1997 (pp. 233-282)*
- Cadilhe, Miguel – *Matemática Financeira Aplicada, 3ª edição – Edições Asa, 1994*
- Osterwalder, Alexander and Pigneur Yves; *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers,, John Wiley & Sons, 2010. ISBN: 8126533676*
- Casos e transparências distribuídos nas aulas

## 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

##### D4.1.2. Equipa docente / Teaching staff

Nome / Name	Categoria / Category	Grau / Degree	Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment link	Informação/ Information
Alípio Mário Guedes Jorge	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Ciência de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Álvaro Pedro de Barros Borges Reis Figueira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Computer Science	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Fernando Manuel Augusto da Silva	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Ciência de Computadores / Computer Science	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Inês de Castro Dutra	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciência de Computadores / Computer Science	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Pedro Pedroso Ramos dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia matemática	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Fernando Rainho Alves Torgo	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Ciência de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luis Miguel Barros Lopes	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Ciência de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Miguel Tavares Coimbra	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrónica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Manuel Pinto Ribeiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciência de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ricardo Gomes Lopes da Jorge Rocha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciência de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Vítor Manuel de Morais Santos Costa	Professor Associado ou equivalente	Doutor		CIENCIA DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rita Paula Almeida Ribeiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciência de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Rita Pires Gaio	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Paula de Frias Viegas Proença Rocha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
André Ribeiro da Silva de Almeida Marçal	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Deteção Remota e Processamento de Imagem	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Joaquim Fernando Pinto da Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática Aplicada	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Nuno Domingues Tavares	Professor Associado ou equivalente	Doutor	CTC da Instituição proponente	Física Matemática	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Eduarda da Rocha Pinto Augusto da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Estatística	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Manuel Portela da Gama	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Ciência de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Margarida Maria Araújo Brito	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Matemática	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Catarina Isabel Marques Maia	Assistente ou equivalente	Mestre		Administração e Gestão de Empresas	14.3	<a href="#">Ficha submetida</a>

Michel Celestino Paiva Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Ciência de Computadores	100
Maria Paula de Pinho de Brito Duarte Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Matemática	100
				<b>2214.3</b>

Ficha  
submetida

Ficha  
submetida

<sem resposta>

## 4.2. Dados percentuais dos recursos docentes do ciclo de estudos

### 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	ETI / FTE	Percentagem / Percentage
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of full time teachers:	22	99.36766034327

### 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	ETI / FTE	Percentagem / Percentage
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff with a PhD (FTE):	22	99.36766034327

### 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	ETI / FTE	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	99.36766034327 22.14
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 22.14

### 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	ETI / FTE	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:	22	99.36766034327 22.14
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):	0.14	0.6323396567299 22.14

## 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 dos docentes é regulada pelo Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes da Universidade do Porto (U.P.), publicado em DR 2ª Série com o Despacho nº12912/2010, de 10 de Agosto. Os docentes podem frequentar cursos de formação promovidos pelos Recursos Humanos da U.P. que anualmente elaboram um Plano de Formação após levantamento das necessidades de formação. Na FCUP foram implementados mecanismos da garantia de qualidade, a qual é assegurada por inquéritos pedagógicos anuais através do sistema de informação SIGARRA. A UP utiliza para a monitorização e avaliação do funcionamento dos seus ciclos de estudo os "European Standards and Guidelines for Internal Quality Assurance within Higher Education Institutions".*

*A Comissão Científica do Mestrado (CCM) irá também realizar aos docentes e aos estudantes um inquérito anual que*

*possa servir de indicador para o sistema de garantia de qualidade, para além de manter reuniões regulares com os estudantes com vista a um processo de melhoria contínua do mestrado.*

*Anualmente, o Diretor do curso e a CCM elaborarão um relatório do ciclo de estudo relativo ao respetivo ano letivo, contendo eventuais propostas de melhoria, relatório esse que será enviado ao Presidente do Conselho Científico da FCUP.*

*A UP elabora anualmente relatórios detalhados sobre diversos aspetos do seu funcionamento, nomeadamente: ciclos de estudo, recursos humanos, internacionalização, investigação científica e gestão.*

*Para além disso, todos os docentes são investigadores doutorados que se mantêm permanentemente atualizados através das suas atividades de investigação e ensino participando em conferências e reuniões científicas nacionais e internacionais.*

*Os docentes são membros de Centros de Investigação classificados como Excepcional, Excelente ou Muito Bom sendo alguns deles líderes de grupos de investigação e membros da Direção, pelo que as suas atividades de investigação, ensino pós-graduado, transferência de tecnologia, e divulgação científica entre outras, é periodicamente avaliada por painéis internacionais no âmbito do processo implementado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.*

#### **4.3. Teaching staff performance evaluation procedures and measures for its permanent updating:**

*The evaluation of teachers is regulated by the Regulation of Evaluation of Performance of Teachers of the University of Porto (U.P.), published in DR Series 2 with Dispatch n°12912 / 2010, of August 10. Teachers can attend training courses promoted by U.P. Human Resources. Who annually prepare a Training Plan after surveying training needs. At FCUP, quality assurance mechanisms were implemented, which is ensured by annual pedagogical surveys through the SIGARRA information system. The UP uses the European Standards and Guidelines for Internal Quality Assurance within Higher Education Institutions to monitor and evaluate the functioning of its study cycles.*

*The Scientific Committee of the Master (CCM) will also provide faculty and students with an annual survey that can serve as an indicator for the quality assurance system, as well as hold regular meetings with students aiming at the continual improvement of the Master.*

*Each year, the Course Director and the CCM will prepare a report on the study cycle for each academic year, containing possible proposals for improvement, which will be sent to the Chairman of the Scientific Council of FCUP.*

*The UP elaborates detailed reports annually on various aspects of its operation, namely:*

*Study cycles, human resources, internationalization, scientific research and management.*

*In addition, all teachers are PhD researchers who are constantly updated through their research and teaching activities participating in conferences and national and international scientific meetings.*

*Teachers are members of Research Centers classified as Outstanding, Excellent or Very Good and some of them are leaders of research groups and members of the Board of Directors, and their activities of research, post-graduate teaching, technology transfer and scientific dissemination, among others, is periodically evaluated by international panels within the framework of the process implemented by the Foundation for Science and Technology.*

## **5. Descrição e fundamentação de outros recursos humanos e materiais**

### **5.1. Pessoal não docente afeto ao ciclo de estudos:**

*O pessoal não docente adstrito a este mestrado inclui os elementos dos secretariados dos serviços centrais e do ensino pós-graduado da FCUP. Será também prestado apoio ao mestrado pelos técnicos superiores e assistentes técnicos do Departamento de Ciência de Computadores e do Departamento de Matemática. Os recursos materiais incluem laboratórios de computadores que foram recentemente equipados num esforço de modernização das infraestruturas letivas.*

*O pessoal não docente ligado ao DCC consiste em 4 pessoas a tempo integral (100%): 2 assistentes técnicas no serviço de secretariado, 1 auxiliar técnica responsável pela manutenção das instalações e pelo auxílio logístico ao corpo docente e estudantes, 2 técnicos superiores responsáveis pela infra-estrutura informática.*

### **5.1. Non teaching staff allocated to the study programme:**

*The non-teaching staff attached to this master includes the elements of the central services secretariats and post-graduate teaching of the FCUP. Support will also be provided to the master's degree by the technical superiors and technical assistants of the Department of Computer Science and Department of Mathematics. Material resources include computer laboratories that have been recently equipped in an effort to modernize educational infrastructures.*

*The non-teaching staff allocated to the DCC consist of 4 full-time (100%) employees: 2 secretaries, 1 employee responsible for building maintenance and logistics support and 2 systems administrator.*

### **5.2. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):**

*A FCUP e os seus Departamentos de CC e de Matemática dispõem de instalações modernas com excelentes condições para um ensino de qualidade. Os espaços incluem biblioteca, salas de estudos, auditórios, laboratórios e salas de computadores. Os laboratórios permitem a lecionação das diferentes unidades curriculares de diferentes ciclos de estudo. O Departamento de Ciência de Computadores possui ainda diversos laboratórios de investigação completamente equipados que serão utilizados quer para o trabalho experimental quer para o desenvolvimento das teses.*

*Recursos do DCC: 6 laboratórios para aulas práticas e uso livre pelos alunos, com um total de 140 computadores; 4 laboratórios para segurança, redes e administração de sistemas com 60 computadores, 14 routers Cisco; Sala de videoconferência para aulas locais e remotas, provas e reuniões; 12 salas para alunos de mestrado ou doutoramento ou com bolsa de investigação; espaços afectos a laboratórios de investigação.*

## 5.2. Facilities allocated to and/or used by the study programme (teaching spaces, libraries, laboratories, computer rooms, etc.):

*FCUP, and its Departments of Computer Science and Mathematics, have modern facilities providing excellent conditions for quality teaching. The available spaces include library, study rooms, auditoriums, laboratories and computer rooms. The class labs allow teaching different curricular units of different study cycles. The Department of Computer Science also has several fully equipped research laboratories that will be used both for experimental work and for the development of theses.*

*Resources at Computer Science Department (DCC): 6 generic laboratories for lab classes and free use by the students totaling 140 computers; 4 specific laboratories for security, networks and system administration, with 60 computers, 14 Cisco routers and other network equipment; videoconference room for long-distance lectures, MSc and PhD examinations and R&D meeting; 12 rooms for graduate students and students with fellowships; spaces assigned to research laboratories.*

## 5.3. Indicação dos principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TICs):

*Todos os auditórios e salas de aulas teóricas possuem equipamentos modernos de multimédia e acesso à Internet. A biblioteca tem disponíveis livros e revistas científicas em todas as áreas científicas de interesse, incluindo serviços on-line (ex. ISI Web of Knowledge, PubMed, Scopus).*

*Computadores de uso comum: 140; Cluster computacional com 1 front-end e 8 back-ends acessível por rede; 14 Routers Cisco em laboratórios de redes; Quadro digital interativo; 9 Projectores Multimédia;; Servidor de áreas individuais com 1GB de espaço por aluno e serviço de cópia de segurança; Servidores diversos de apoio ao desenvolvimento de software; UID no DCC disponibilizam ainda: Computador paralelo de elevado desempenho com 48 cores, 128GB de RAM e 4TB de disco; Servidores SCALASTORE de elevada capacidade para dados científicos.*

## 5.3. Indication of the main equipment and materials allocated to and/or used by the study programme (didactic and scientific equipments, materials and ICTs):

*All the auditoriums and classrooms have modern multimedia equipment and Internet access. Libraries have available books and scientific journals in all scientific areas of interest, including online services (eg ISI Web of Knowledge, PubMed, Scopus).*

*Desktop computers: 140; Computer cluster with 1 front-end and 8 back-ends accessible through the network: 1; Cisco routers for networking labs: 14; Interactive digital whiteboard: 1; Multimedia projectors: 9; Individual area server with 1GB of space per student and backup service: 1; Diverse servers for supporting software development: 1; Research units hosted at DCC make available the following equipment: High performance parallel computer with 48 cores, 128GB RAM and 4TB storage: 1; High capacity SCALASTORE storage servers for scientific data: 1.*

## 6. Atividades de formação e investigação

### Mapa VI - 6.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua Atividade científica

#### 6.1. Mapa VI Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade 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
INESC-TEC	Excelente	Universidade do Porto	
LIAAD	Excelente	Universidade do Porto	
CRACS	Excelente	Universidade do Porto	
IT - Instituto de Telecomunicações, Laboratório Associado	Excelente	Universidade do Porto	
CMUP	Excelente	Universidade do Porto	

### Perguntas 6.2 e 6.3

#### 6.2. 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, nos últimos cinco anos (referenciação em formato APA):

<http://a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/f3475132-7cfa-30ea-fc07-59c93119ce4c>

### 6.3. 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:

- Liderança e participação em vários projetos nacionais, especialmente FCT e P2020, angariando nos últimos anos mais de 500 000€. Estes projectos são quase sempre desenvolvidos em parceria com outras instituições de investigação nacionais e empresas.
- Participação em vários projetos europeus FP7 com parceiros internacionais, num financiamento total, no que diz respeito ao DCC, de cerca de 1 500 000€.
- Participação em 2 projetos CMU-Portugal e dois projetos Austin-Portugal.
- Organização do Programa Doutoral MAP-i em Informática, em conjunto com as Universidades do Minho e de Aveiro.
- Organização do Programa Doutoral MAP-PDMA em Matemática Aplicada, em conjunto com as Universidades do Minho e de Aveiro.
- Inúmeras parcerias a vários níveis com universidades nacionais e internacionais, assim como empresas nacionais e estrangeiras.

### 6.3. 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:

- Leadership and participation in various national projects, especially FCT and P2020, raising in recent years more than 500,000€. These projects are often developed in partnership with other national research institutions and companies.
- Participation in several European FP7 projects with international partners, with a total funding for DCC of approximately 1.5 million euros.
- Participation in two projects with CMU-Portugal and two projects Austin-Portugal.
- Organization of MAP-i Doctoral Program in Computer Science, in conjunction with the Universities of Minho and Aveiro.
- Organization of MAP-PDMA Doctoral Program in Applied Maths, in conjunction with the Universities of Minho and Aveiro.
- Numerous multi-level partnership with national and international universities, as well as domestic and foreign companies.

## 7. Atividades de desenvolvimento tecnológico e artísticas, prestação de serviços à comunidade e formação avançada

### 7.1. Descreva estas atividades e se a sua oferta corresponde às necessidades do mercado, à missão e aos objetivos da instituição:

*O DCC, através de alguns dos seus docentes, tem participado em projetos de transferência de conhecimento com várias empresas na área de Data Science. Em particular destacam-se os trabalhos de parceria para o desenvolvimento de sistemas adaptativos e de recomendação (como a empresa TOMI World), análise de registos de chamadas com a empresa NOS e smart-metering com a EDP.*

*As actividades desenvolvidas pelo DCC, e.g., concursos, visitas a/de escolas, exposições, parcerias e projectos conjuntos com empresas e a Escola de Gestão do Porto, e projectos de investigação promovem a excelência na investigação, a disseminação do conhecimento científico, a transferência de tecnologia para as empresas da região e nacionais e a cultura científica e técnica.*

### 7.1. Describe these activities and if they correspond to the market needs and to the mission and objectives of the institution:

*DCC, through some of its faculty members, has participated in knowledge transfer projects with various companies in the area of Data Science. Particularly noteworthy are the partnerships for the development of adaptive and recommendation systems (such as TOMI World), analysis of call records with the company NOS and smart-metering with EDP.*

*The activities developed by DCC, e.g. competitions, visits to/from schools, exhibitions, partnerships and joint projects with companies and Porto Business School, and research projects promote excellence in research, dissemination of scientific knowledge, technology transfer to regional and national companies, and scientific and technical culture.*

## 8. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

### 8.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por ciclos de estudos similares com base nos dados do Ministério que tutela o emprego:

*A procura de profissionais especializados na área da Computação/Informática é muito grande atualmente e é crescente. A procura de graduados em Matemática Aplicada é também elevada. Os dados em Portugal relativos às principais licenciaturas e mestrados integrados das Universidades do Porto e de Lisboa nestas áreas apontam para um empregabilidade registada que varia entre os 90% e os 100% (<http://infocursos.mec.pt>). Não tendo nós dados objetivos sobre a empregabilidade na área da Ciência de Dados, podemos apenas testemunhar a procura insistente, por parte de empresas de vários setores, de profissionais desta área de que sentem falta.*

**8.1. Evaluation of the graduates' employability based on Ministry responsible for employment data:**

*The demand for professionals specialized in the area of Computing / Informatics is nowadays very large and it is growing. The demand for graduates in Applied Mathematics is also high. The data in Portugal relative to the main bachelor's and integrated master's degrees of the Universities of Porto and Lisbon in these areas point to a registered employability that varies between 90% and 100% (<http://infocursos.mec.pt>). Since we do not have objective data on employability in the area of Data Science, we can only witness the insistent demand, by companies from various sectors, for professionals in this area which they currently lack.*

**8.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):**

*Dada a crescente necessidade de profissionais com este perfil e a ausência de uma formação especializada nesta área na região norte do país, acreditamos que todas as vagas serão preenchidas. A apresentação de um 2º ciclo de estudos com uma componente prática elevada leva-nos a prever a atratividade para estudantes exteriores à Universidade do Porto. Por estas razões, espera-se um número de candidatos superior ao número máximo de admissões.*

**8.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):**

*Given the growing need for professionals with this profile and the lack of specialized training in this area in the north of the country, we believe that all vacancies will be filled. The presentation of a 2nd study cycle with a sizeable practical component leads us to predict attractiveness for students outside of the University of Porto. For these reasons, we expect a higher number of applicants than the maximum number of admissions.*

**8.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:**

*Não estão previstas parcerias com instituições da região pois não existem cursos similares na região.*

**8.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:**

*There are no plans for partnerships with institutions in the region because no similar programs exist.*

**9. Fundamentação do número de créditos ECTS do ciclo de estudos****9.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do Decreto-Lei 63/2016, de 13 de setembro):**

*O ciclo de estudos conducente ao grau de Mestre tem 120 ECTS (60 para o primeiro ano e 60 para o segundo ano que incluiu a Dissertação, que pode ser realizada em ambiente empresarial) distribuídos por 4 semestres. O número de ECTS baseia-se no previsto no artigo 18.º do Decreto-Lei n.º 74/2006, tendo em conta os objetivos do programa, o nível de conhecimentos e competências a adquirir num 2º ciclo. As unidades curriculares opcionais ministrados no primeiro ano destinam-se a proporcionar uma formação personalizada, tendo em consideração os interesses científicos de cada estudante.*

**9.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles no.8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of Decree-Law 63/2016, of September 13th):**

*The study cycle leading to the Master degree has 120 ECTS (60 for the first year and 60 for the second year that includes the Thesis, which can be done in corporate environment) spread over 4 semesters. The number of ECTS is based on that provided for in article 18 of Decree-Law no. 74/2006, taking into account the objectives of the program, the level of knowledge and skills to be acquired in a 2nd cycle. The optional courses offered in the first year are designed to provide personalized training, taking into account the scientific interests of each student.*

**9.2. Metodologia utilizada no cálculo dos créditos ECTS das unidades curriculares:**

*De acordo com a legislação em vigor e com Regulamento do Sistema de Aplicação de Créditos Curriculares aos Ciclos de Estudos e Cursos da Universidade do Porto, o número de créditos correspondentes ao trabalho de um ano curricular realizado a tempo integral é de 60 ECTS, e 1 ECTS corresponde a um total de 27 horas de trabalho por parte dos estudantes. Assim, os 60 ECTS de cada ano letivo correspondem a 1620 horas de trabalho. A atribuição de ECTS a cada UC foi feita em conformidade com a legislação em vigor e de forma a garantir o equilíbrio entre as horas de trabalho previstas, os objetivos de aprendizagem e conteúdos definidos para a UC e a sua contribuição para os objetivos globais de formação do Mestrado em Ciência de Dados (Data Science)*

**9.2. Methodology used for the calculation of the ECTS credits of the curricular units:**

*According to the existing legislation and with the Regulation of the System of Application of Curricular Credits to the Cycles of Studies and Courses of the University of Porto, the number of credits corresponding to the work of a full-year curricular year is 60 ECTS, and 1 ECTS corresponds to a total of 27 hours of work by the students. Thus, the 60 ECTS of each school year correspond to 1620 hours of work. The attribution of ECTS to each CU was made in accordance with the existing legislation and in order to ensure a balance between the planned working hours, learning*

*objectives and content defined for the CU and its contribution to the overall training objectives Master's Degree in Data Science.*

### **9.3. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:**

*Os docentes foram consultados em Conselho Científico dos Departamentos envolvidos, para além da decisão ter sido posteriormente ratificada pelos Conselhos Científicos e Pedagógicos da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.*

### **9.3. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:**

*Teachers were consulted at the Scientific Council of the involved Departments, and the decision was later ratified by the Scientific and Pedagogical Councils of the Faculty of Sciences of the University of Porto.*

## **10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço europeu**

### **10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com duração e estrutura semelhantes à proposta:**

*No planeamento desta proposta foram analisados vários cursos de segundo ciclo no espaço europeu. De vários possíveis, escolhemos como exemplos de segundos ciclos em Data Science ou afins similares ao aqui proposto, os segundos ciclos nas seguintes Universidades:*

- *Master in Data Science, University of Helsinki, Finlândia*
- *Masters in Data and Knowledge Engineering, Universidade Otto von Guericke, Alemanha*
- *Masters in Data Mining and Knowledge Management, Université Pierre et Marie Curie, França*
- *Masters in Data Science, Eindhoven University of Technology, Holanda*
- *Master in Data Science, Leiden University, Holanda*

### **10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions of the European Higher Education Area:**

*In the planning of this proposal, several second cycle courses were analyzed in the European space. Of many possible, we have chosen as examples of second cycles in Data Science or the like similar to the one proposed here, the second cycles in the following Universities:*

- *Master in Data Science, University of Helsinki, Finland*
- *Masters in Data and Knowledge Engineering, Otto von Guericke University, Germany*
- *Masters in Data Mining and Knowledge Management, Université Pierre et Marie Curie, France*
- *Masters in Data Science, Eindhoven University of Technology, Netherlands*
- *Master in Data Science, Leiden University, Netherlands*

### **10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:**

*O Masters in Data and Knowledge Engineering da Universidade Otto von Guericke de Magdeburgo tem objetivos muito semelhantes. A aposta da formação é feita por um lado numa vertente teórica, mas por outro lado também na aplicação dos conhecimentos a aplicações concretas. Para isso, tanto o ciclo de estudos aqui proposto como o de Magdeburgo fornecem unidades curriculares metodológicas e tecnológicas.*

*O Masters em Data Science da Universidade de Leiden propõe duas variantes. Uma mais focada em estatística e outra focada em computação. Os objetivos são no entanto idênticos aos que propomos, combinando o aprofundamento de conhecimentos teóricos com a resolução de problemas reais. Em Leiden é mesmo promovido o contacto com clientes reais que fornecem problemas e dados.*

### **10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions of the European Higher Education Area:**

*The Masters in Data and Knowledge Engineering at the Otto von Guericke University in Magdeburg has very similar objectives. The focus of training is on the one hand on a theoretical side, but on the other hand also on the application of knowledge to concrete applications. For this, both the cycle of studies proposed here and that of Magdeburg provide methodological and technological curricular units.*

*The Masters in Data Science of the University of Leiden proposes two variants. One more focused on statistics and another focused on computing. The objectives are however identical to those we propose, combining the deepening of theoretical knowledge with the resolution of real problems. In Leiden it is even promoted the contact with real customers who provide problems and data.*

## **11. Estágios e/ou Formação em Serviço**

## 11.1. e 11.2 Locais de estágio e/ou formação em serviço (quando aplicável)

---

### Mapa VII - Protocolos de Cooperação

#### Mapa VII - N.A.

##### 11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

N.A.

##### 11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

### Mapa VIII. Plano de distribuição dos estudantes

#### 11.2. Mapa VIII. 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>

## 11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

---

### 11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

*Será constituída uma Comissão de Acompanhamento, presidida pelo Diretor do Programa (ou um dos membros da Comissão Científica por ele designado) e mais 2 ou 3 elementos entre os docentes do mestrado, entre os quais o responsável pela unidade curricular Dissertação, cuja função será avaliar semestralmente o trabalho desenvolvido pelos estudantes e sugerir/implementar mudanças operacionais que permitam a melhoria da qualidade do ensino e o grau de aprendizagem e satisfação dos estudantes.*

### 11.3. Resources of the Institution to effectively follow its students during the in-service training periods:

*A Monitoring Committee will be set up, chaired by the Program Director (or one of the members of the Scientific Committee designated by him) and a further two or three teachers from the master's degree, including the responsible for the dissertation curricular unit, whose function will be to evaluate the work done by the students every semester and to suggest / implement operational changes That allow the improvement of the quality of teaching and the degree of learning and satisfaction of the students.*

## 11.4. Orientadores cooperantes

---

### Mapa IX. Normas para a avaliação e seleção dos elementos das instituições de estágio e/ou formação em serviço responsáveis por acompanhar os estudantes

#### 11.4.1 Mapa IX. Mecanismos de avaliação e seleção 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):

<sem resposta>

### Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei)

#### 11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)

Nome / Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution Name	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional (1)/ Professional qualifications (1)	Nº de anos de serviço / Nº of working years
---	---	---	---

<sem resposta>

## 12. Análise SWOT do ciclo de estudos

**12.1. Pontos fortes:**

*Muito boas instalações, em especial a biblioteca da FCUP, laboratórios e equipamentos científicos, o entusiasmo e grande motivação de professores, estudantes e pessoal não docente.*

*O excelente ambiente de investigação.*

*Muito bons e operacionais laboratórios e equipamentos, alguns deles comprados recentemente num esforço continuado, por parte da direção da FCUP.*

*Um excelente ambiente de investigação, com docentes qualificados e com um número significativo de artigos científicos de elevado. Os docentes estão integrados em centros de investigação de alta qualidade (INESC TEC, LIAAD, CRACS, CMUP) e com boa captação de projetos. Vários docentes têm experiência de sucesso no lançamento de empresas de base tecnológica e uma vasta rede de colaboração com empresas, universidades e centros de investigação nacionais e estrangeiros.*

*A área de Data Science é muito procurada por empresas, centros de investigação e formandos. Reúne várias tecnologias que estão a mudar rapidamente o nosso mundo.*

**12.1. Strengths:**

*Very good facilities, especially the library of FCUP, laboratories and scientific equipment, enthusiasm and great motivation of teachers, students and non-teaching staff.*

*The excellent research environment.*

*Very good and operational laboratories and equipment, some of them recently purchased in a continuous effort, by the FCUP management.*

*There is an excellent research environment with qualified teachers and a significant number of scientific papers with a high impact. The professors are integrated in high quality research centers (INESC TEC, LIAAD, CRACS, CMUP) and with good funding of projects. Several faculty members have been successful in launching technology-based companies and have a vast network of collaboration with various companies, universities and national and foreign research centers.*

*The area of Data Science has a huge demand by companies, research centers and trainees. It brings together various technologies that are rapidly changing our world.*

**12.2. Pontos fracos:**

*Devido à situação económica do país e à grande competitividade entre mestrados na área da computação e da estatística são de prever inicialmente algumas dificuldades em atrair um número elevado de estudantes. Iguamente, dado tratar-se de um mestrado novo, é possível que haja no primeiro ano um número baixo de candidatos devido à fraca visibilidade inicial do mestrado.*

**12.2. Weaknesses:**

*Due to the country's current economic situation and the high competitiveness of master's degrees in the field of computing and statistics, some difficulties are initially expected in attracting large numbers of students. Also, given that it is a new Master's Degree, there may be a low number of candidates in the first year because of the initial low visibility of the Master's Degree.*

**12.3. Oportunidades:**

*O mestrado propõe formação de ponta numa área de forte crescimento e que já é muito importante para as empresas. Tem por isso a possibilidade de vir a crescer e de estabelecer uma importante ponte entre empresas e academia. Devido aos contactos internacionais dos seus docentes, será também possível explorar os protocolos com instituições Europeias, dos Estados Unidos e Brasil para o intercâmbio de estudantes e docentes.*

*O mestrado disponibilizará todas as unidades curriculares em inglês com o objetivo de atrair estudantes internacionais de qualidade.*

**12.3. Opportunities:**

*The Master's Degree offers advanced training in an area of strong growth that is already very important for companies. It has therefore the possibility of growing and establishing an important bridge between companies and academia. Due to the international contacts of its teachers, it will also be possible to explore the protocols with European institutions, the United States and Brazil for the exchange of students and teachers.*

*The master's degree will make available all the curricular units in English with the objective of attracting international students of quality.*

**12.4. Constrangimentos:**

*Sendo uma área de forte procura por parte dos empregadores, os estudantes poderão preferir formações mais curtas ou mais leves que lhes darão rapidamente acesso ao mundo do emprego. As necessidades económicas de alguns estudantes poderão também desencorajá-los de seguir um mestrado.*

*O elevado custo da inscrição para estudantes internacionais pode desviar estes estudantes para outros destinos onde não haja essa restrição.*

*Dada a situação atual do país, os significativos cortes salariais e a dificuldade de progressão na carreira, algum pessoal docente e não docente poderá abandonar o departamento, o que já aconteceu recentemente.*

*A atual regulamentação restringe em demasia a colaboração de estudantes de doutoramento em funções docentes.*

#### **12.4. Threats:**

*Being an area of strong demand from employers, students may prefer shorter or lighter courses that will quickly give them access to the world of employment. The economic needs of some students may also discourage them from pursuing a master's degree.*

*The high cost of enrollment for international students may divert these students to other destinations where there is no such restriction.*

*Given the current situation in the country, the significant wage cuts and the difficulty of career advancement, some teaching and non-teaching staff may leave the department, which has happened recently.*

*The current regulations greatly restrict the collaboration of PhD students as teaching assistants.*

#### **12.5. CONCLUSÕES:**

*A área de Data Science é atualmente o mais importante vetor no ressurgimento da Inteligência Artificial, é incontornável e é uma área de forte crescimento na sociedade. As empresas e os centros de investigação estão a fazer um forte investimento nesta área. As oportunidades de negócio e a necessidade de investigação científica são imensas. A UP deve assim reforçar a sua posição nesta área onde tem investigação de excelência há já três décadas. Os graduados neste ciclo de estudos serão facilmente absorvidos pela economia e pela ciência. Terão oportunidades de trabalhar em Portugal ou no estrangeiro.*

*A Universidade do Porto e a Faculdade de Ciências em particular dispõem de um conjunto grande de docentes que têm fortes competências em Data Science.*

*Estamos por isso convictos que o presente ciclo de estudos dará contributos importantes para a modernização do tecido empresarial, a inovação na economia portuguesa e a consolidação da imagem da Universidade do Porto.*

#### **12.5. CONCLUSIONS:**

*The area of Data Science is currently the most important vector in the rebirth of Artificial Intelligence, is an area of strong growth in society. Companies and research centers are making a strong investment in this area. Business opportunities and the need for scientific research are paramount. The University of Porto should thus strengthen its position in this area where it has had excellent research for three decades. Graduates in this cycle of studies will be easily absorbed by the economy and academy. They will have opportunities to work in Portugal or abroad.*

*The University of Porto and the Faculty of Sciences in particular have a large group of researchers who have strong Data Science competences both theoretically and practically.*

*We are therefore convinced that the present cycle of studies will give important contributions to the modernization of the business fabric, innovation in the Portuguese economy and the consolidation of the image of the University of Porto.*