

NCE/19/1900186 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:

Universidade De Coimbra

1.1.a. Outra(s) Instituição(ões) de Ensino Superior (proposta em associação):

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):

Faculdade De Ciências E Tecnologia (UC)

1.2.a. Outra(s) unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.) (proposta em associação):

1.3. Designação do ciclo de estudos:

Licenciatura em Engenharia e Ciência de Dados

1.3. Study programme:

Bachelor in Data Science and Engineering

1.4. Grau:

Licenciado

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Informática

1.5. Main scientific area of the study programme:

Informatics

1.6.1 Classificação CNAEF – primeira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos):

480

1.6.2 Classificação CNAEF – segunda área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:

520

1.6.3 Classificação CNAEF – terceira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:

460

1.7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:

180

1.8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto):

3 anos – 6 semestres

1.8. Duration of the study programme (article 3, DL no. 74/2006, March 24th, as written in the DL no. 65/2018, of August 16th):

3 years - 6 semesters

1.9. Número máximo de admissões:

60

1.10. Condições específicas de ingresso.

Candidatura normal (DGES);

Conclusão do Ensino Secundário e aprovação nas provas específicas de Matemática A (19) OU Física e Química (07) e Matemática A (19)

1.10. Specific entry requirements.

Normal Application (DGES);

Conclusion of Secondary (High) School and approval on the specific National Exam of Mathematics A (19) OR Physics and Chemistry (07) and Mathematics A (19)

1.11. Regime de funcionamento.

Diurno

1.11.1. Se outro, especifique:

<sem resposta>

1.11.1. If other, specify:

<no answer>

1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

Departamento de Engenharia Informática (DEI); Departamento de Matemática (DM); Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores (DEEC)

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

Department of Informatics Engineering; Department of Mathematics; Department of Electrical Engineering and Computers

1.13. Regulamento de creditação de formação académica e de experiência profissional, publicado em Diário da República (PDF, máx. 500kB):

[1.13_Reg_191_2014_CreditacaoFormacaoAnterior_e_ExperienciaProfissional_UC.pdf](#)

1.14. Observações:

A Licenciatura em Engenharia e Ciência de Dados (LECD), tem a duração de 3 anos, está organizada em 6 semestres letivos que correspondem a 4860 hr e 180 ECTS. A LECD integra o 1º ciclo de estudos em Engenharia e Ciência de Dados, seguindo-se-lhe o segundo ciclo, Mestrado em Engenharia e Ciência de Dados (MECD), e o terceiro ciclo, Doutoramento em Ciências e Tecnologias da Informação (PDCTI). O seu plano curricular está estruturado por forma a dar uma sólida formação nos fundamentos matemáticos necessários à Ciência dos Dados, em particular nas questões relacionadas com a otimização e o tratamento numérico

de formulações esparsas e de elevada escala, nos algoritmos e princípios metodológicos fundamentais necessários à preparação de dados, análise de atributos, visualização, redução de complexidade e aprendizagem computacional, seja por recursos a técnicas puramente orientadas aos dados seja pela combinação com conhecimento à priori. Permite ainda adquirir conhecimento sobre o dimensionamento da infraestrutura necessária às soluções modernas orientadas à Ciência de Dados, em particular no que concerne à sua fiabilidade e escalabilidade. Para o efeito a LECD será apoiada por um corpo docente especializado com actividade muito relevante em centros de investigação maioritariamente classificados com Excelente. Na elaboração deste plano curricular foram tidas em conta as recomendações recolhidas junto a futuros empregadores (Altice Labs, Bosch Car Multimedia, Celbi e EDP) bem como cursos semelhantes no espaço internacional, particularmente espaços europeu e norte americano.

1.14. Observations:

The Bachelor in Data Science and Engineering (LECD) has a duration of 3 years, is organized in 6 semesters which correspond to a total of 4860 hr and 180 ECTS. LECD integrates the first cycle of studies in Data Science and Engineering, followed by the second cycle, Master in Data Science and Engineering (MECD) and the third cycle the Doctoral Program in Information Science and Technology (PDTCI). Its curriculum is structured to provide a solid background in the mathematical foundations of Data Science, in particular on issues related to the optimization and numerical treatment of sparse and large-scale formulations, algorithms and fundamental methodological principles necessary for data preparation, feature engineering, visualization, complexity reduction and computational learning, either by means of purely data-driven techniques or by combining with a priori knowledge. It also allows you to gain knowledge about the sizing of the infrastructure required for modern Data Science-oriented solutions, in particular as regards their reliability and scalability. The teaching staff is highly specialised in data science and the majority is integrated in research centers that achieved the classification of excellent. The proposed curricula was based on recommendations from future employers (e.g., Altice Labs, Bosh Car Multimedia, Celbi and EDP), and on similar degrees, mainly from Europe and North America.

2. Formalização do Pedido

Mapa I - Departamentos envolvidos, Conselho Científico da FCT e Senado da Universidade de Coimbra

2.1.1. Órgão ouvido:

Departamentos envolvidos, Conselho Científico da FCT e Senado da Universidade de Coimbra

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

[2.1.2._AtaLECD.pdf](#)

3. Âmbito e objetivos do ciclo de estudos. Adequação ao projeto educativo, científico e cultural da instituição

3.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

O objetivo é fornecer o conhecimento teórico, métodos e competências que permitam a especificação, projeto e o desenvolvimento de aplicações computacionais de análise de dados e das infraestruturas de suporte.

A LECD terá como estratégia oferecer contextos reais que permitam colocar estudantes em contacto com as restrições típicas de contextos reais, preparando o estudante para o prosseguimento de estudos avançados e para o exercício da profissão, conferindo-lhes capacidade de intervenção ao nível da análise e projecto de soluções de média complexidade. Nesse sentido foram consideradas as recomendações recolhidas junto a futuros empregadores bem como cursos internacionais semelhantes, particularmente espaços europeu e norte americano.

A LECD garante assim que os licenciados adquiram conhecimento e compreensão dos conceitos, teorias, métodos e práticas da ECD e sejam capazes de lhes dar expressão através de um conjunto integrado de competências instrumentais, sistémicas e interpessoais

3.1. The study programme's generic objectives:

The main goal of the degree is to empower students with the theoretical knowledge and skills that allow them to design and develop computer applications for data analysis and the required computational infrastructure. Graduates will be able to proceed to advanced degrees, or to pursue a career in Industry at a global scale.

The B.Sc. in Data Science Engineering will provide the students with real scenarios, so that they can get in touch with the challenges that occur in real scenarios. This will endow the students to pursue advance studies and to excel in the industry. This was based on recommendations from future employers and on similar degrees, particularly European and North American spaces

The degree ensures that the graduates have the knowledge of the basic principles, concepts, theories, methodologies and practices in data science engineering, and they will be able to express such capacities through a series of instrumental, systemic and interpersonal skills.

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

Conhecimentos e Compreensão: Adquirir e demonstrar: - conhecimento e compreensão das teorias, princípios, métodos e técnicas para o armazenamento de dados, a sua integração, manipulação e processamento; - profundo conhecimento sobre o potencial de inovação e de criação de valor da ECD;

Aplicação de conhecimentos, compreensão, julgamento e comunicação: - Concepção e desenvolvimento de soluções por recurso a um vasto conjunto de técnicas metodológicas, computacionais, programação e de software para a gestão, preparação, limpeza, integração, exploração, redução, prospecção, modelação e visualização de dados; - Comunicação com especialistas e não-especialistas

Aprendizagem: - Adquirir conhecimentos fundamentais e seus limites que facultem o prosseguimento de estudos avançados; - Abertura e capacidade para a aprendizagem de novos desenvolvimentos e ideias na área; - Atitude crítica e reflexiva rel. aos aspectos técnicos, societais, éticos e legais sobre as possibilidades e limitações da ECD

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

Knowledge and Comprehension: - Profound knowledge and understanding of i) theories, principles, methods and techniques for data storage, integration, manipulation and processing; ii) the potential for innovation and value creation in engineering and data science;

Application of knowledge, understanding, judgment and communication: - Identification of problems, design and development of solutions using a wide range of methodological, computational, programming and software techniques for the management, preparation, cleaning, integration, exploration, reduction, prospecting, modeling and visualization of data; - Communication with specialists and non-specialists

Learning: - Preparation for admission in advanced degrees; - Openness and ability to learn new developments and ideas in the area; - Critical and reflective thinking towards the technical, social, ethical and legal aspects of the possibilities and limitations of engineering and data science

3.3. Inserção do ciclo de estudos na estratégia institucional de oferta formativa, face à missão institucional e, designadamente, ao projeto educativo, científico e cultural da instituição:

Os objectivos definidos enquadram-se dentro da missão da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, que consiste na educação e formação de profissionais de Engenharia de nível internacional, sustentadas em Investigação e desenvolvimento de excelência com foco regional mas com qualidade reconhecida ao nível global e numa prática de extensão de reconhecida qualidade, contemplando as vertentes científica, técnica, ética e cultural.

3.3. Insertion of the study programme in the institutional educational offer strategy, in light of the mission of the institution and its educational, scientific and cultural project:

The objectives fall within the mission of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra, which consists of education and training of professionals in engineering, with a globally recognized excellence, contemplating the scientific, technical, ethical and cultural aspects of the university extension practices.

4. Desenvolvimento curricular

4.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas

quando aplicável)**4.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável) / Branches, options, profiles, major/minor or other forms of organisation (if applicable)**

Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura:

Não aplicavel

Branches, options, profiles, major/minor or other forms of organisation:

Not applicable

4.2. Estrutura curricular (a repetir para cada um dos percursos alternativos)

Mapa II - Não aplicavel

4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

Não aplicavel

4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Not applicable***4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree**

| Área Científica / Scientific Area | Sigla / Acronym | ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS | ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS* | Observações / Observations |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|
| Matemática Mathematics | MAT | 48 | 0 | |
| Física Physics | FIS | 6 | 0 | |
| Informática Informatics | INF | 108 | 0 | |
| Ciências Sociais, Direito e Gestão Social Sciencies, Law and Management | CSDG | 12 | 0 | |
| Opcional Elective | OP | 0 | 6 | |
| (5 Items) | | 174 | 6 | |

4.3 Plano de estudos

Mapa III - - - 1º Ano / 1º Semestre / 1st Year /1st Semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

-

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**1º Ano / 1º Semestre / 1st Year / 1st Semester****4.3.3 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) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Análise Matemática I / Mathematical Analysis I | MAT | Semestral/Semiannual | 162 | TP-90; O-2 | 6 | |
| Álgebra Linear e Geometria Analítica / Linear Algebra and Analytic Geometry | MAT | Semestral/Semiannual | 162 | T-45; TP-45; O-2 | 6 | |
| Introdução à Programação e Resolução de Problemas / Introduction to Programming and Problem Solving | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-15; TP-60 | 6 | |
| Física / Physics | FIS | Semestral/Semiannual | 162 | TP-60 | 6 | |
| Otimização e Análise em Grafos / Optimisation and Graph Analysis | MAT | Semestral/Semiannual | 162 | TP-60 | 6 | |
| (5 Items) | | | | | | |

Mapa III - - 1º Ano / 2º Semestre / 1st Year / 2nd Semester**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

-

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**1º Ano / 2º Semestre / 1st Year / 2nd Semester****4.3.3 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) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Análise Matemática II / Mathematical Analysis II | MAT | Semestral/Semiannual | 162 | T-45; TP-45; O-2 | 6 | |
| Estatística / Statistics | MAT | Semestral/Semiannual | 162 | T-45; TP-45; O-2 | 6 | |
| Introdução à Engenharia e Ciência dos Dados / Introduction to Data Science and Engineering | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 | |
| Álgebra Linear Numérica e Cálculo Científico / Linear Algebra and Scientific Computing | MAT | Semestral/Semiannual | 162 | TP-60 | 6 | |
| Programação Orientada a Objectos / Object Oriented Programming | INF | Semestral/Semiannual | 162 | TP-60; O-2 | 6 | |
| (5 Items) | | | | | | |

Mapa III - - - 2º Ano / 1º Semestre / 2nd Year / 1st Semester**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

-

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**2º Ano / 1º Semestre / 2nd Year / 1st Semester****4.3.3 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) |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Otimização Contínua / Continuous Optimisation | MAT | Semestral/Semiannual | 162 | TP-60 | 6 | |
| Sistema de Gestão de Dados / Data Management Systems | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 | |
| Estatística para Ciência de Dados / Statistics for Data Science | MAT | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; TP-30 | 6 | |
| Tópicos de Inteligência Artificial Topics on Artificial Intelligence | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 | |
| Algoritmos e Estruturas de Dados / Algorithms and Data Structures | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; TP-15; PL-30; O-2 | 6 | |

(5 Items)**Mapa III - - - 2º Ano / 2º Semestre / 2nd Year / 2nd Semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

-

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**2º Ano / 2º Semestre / 2nd Year / 2nd Semester****4.3.3 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) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------|-----|-------------------------|---|
| Processos de Gestão e Inovação / Management and Innovation Processes | CSDG | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30; O-2 | 6 |
| Sistemas Distribuídos / Distributed Systems | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; TP-15; PL-30; O-2 | 6 |
| Aprendizagem Computacional / Machine Learning | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 |
| Sistemas e Redes de Sensorização e Atuação / Sensing and Actuation Networks and Systems | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 |
| Análise e Transformação de Dados / Data Analysis and Transformation | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 |
| (5 Items) | | | | | |

Mapa III - - - 3º Ano / 1º Semestre / 3rd Year / 1st Semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

-

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

3º Ano / 1º Semestre / 3rd Year / 1st Semester

4.3.3 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) |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Visualização de Dados / Data Visualisation | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 | |
| Engenharia de Atributos / Feature Engineering | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30; O-2 | 6 | |
| Sistemas e Infraestruturas de Computação / Computing Systems and Infrastructures | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 | |
| Processamento de Linguagem Natural / Natural Language Processing | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 | |
| Dados, Sociedade e Direito / Data, Society and Law | CSDG | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30; O-2 | 6 | |
| (5 Items) | | | | | | |

Mapa III - - - 3º Ano / 2º Semestre / 3rd Year / 2nd Semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

-

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**3º Ano / 2º Semestre / 3rd Year / 2nd Semester****4.3.3 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) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Processamento Audiovisual / Audiovisual Signals Processing | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 | |
| Aprendizagem Probabilística e Reconhecimento de Padrões / Probabilistic Machine Learning and Pattern Recognition | INF | Semestral/Semiannual | 162 | T-30; PL-30 | 6 | |
| Projecto de Engenharia e Ciência de Dados / Data Science and Engineering Project | INF | Semestral/Semiannual | 324 | T-30; PL-30; O-2 | 12 | |
| Opção Externa / External elective | OP | Semestral/Semiannual | 162 | - | 6 | Opcional Aberta / Open Elective |

(4 Items)**4.4. Unidades Curriculares****Mapa IV - Análise Matemática I****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:*****Análise Matemática I*****4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Mathematical Analysis I*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****MAT*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral/Semiannual*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****162*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****TP-90; O-2*****4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**Jorge Sentieiro Neves****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*O estudante aprovado nesta unidade curricular deverá ser capaz de:*

- i) calcular limites de sucessões e funções para além dos estudados no secundário;*
- ii) calcular primitivas de funções elementares, potências de trigonométricas e hiperbólicas e de frações racionais;*
- iii) usar o Teorema Fundamental do Cálculo para calcular áreas de figuras, volumes de sólidos e comprimentos de curvas;*
- iv) resolver uma equação diferencial de variáveis separáveis;*
- v) resolver uma equação diferencial linear de primeira ordem;*
- vi) resolver equações diferenciais lineares de ordem superior à primeira.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*The student that successfully completes this course will be able to:*

- i) compute the limit of a sequence or function beyond the scope of those studied in High School;*
- ii) integrate elementary functions, powers of trigonometric and hyperbolic functions and rational functions;*
- iii) use the Fundamental Theorem of Calculus to compute areas of plane figures, volumes of solids and lengths of curves;*
- iv) solve a differential equation with separable variables;*
- v) solve a linear differential equation of order one;*
- vi) solve linear differential equations of order larger than one.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:***I. Sucessões e funções reais de variável real******I.1 Topologia da reta real. Axioma do supremo******I.2 Sucessões: limites e propriedades básicas******I.3 Funções trigonométricas, funções hiperbólicas e suas inversas******I.4 Limites, continuidade e diferenciabilidade de funções reais de variável real******I.5 Teorema de Rolle, Teorema do valor médio de Lagrange e seus corolários. Regra de Cauchy******II. Integração******II.1 Introdução à primitivação: primitivas elementares******II.2 Primitivação por partes e primitivação de potências de funções trigonométricas e hiperbólicas******II.3 Primitivação de frações racionais******II.4 Primitivação por substituição***

- II.5 Integral definido e Teorema Fundamental do Cálculo**
- II.6 Volumes de sólidos de revolução e comprimentos de curvas**
- II.7 Integração numérica**
- II.8 Integrais impróprios**

III. Equações diferenciais ordinárias.

- III.1 Equações de variáveis separáveis**
- III.2 Equações diferenciais lineares de primeira ordem**
- III.3 Equações diferenciais lineares de ordem superior à primeira**

4.4.5. Syllabus:

- I. Real sequences and real functions of a single variable**
 - I.1 Elementary topology of the reals. The supremum axiom**
 - I.2 Sequences of real numbers: limits and basic properties**
 - I.3 Trigonometric and hyperbolic functions and their inverses**
 - I.4 Limits, continuity and differentiability of real functions of a single variable**
 - I.5 Rolle's Theorem, Lagrange Mean Value Theorem and its corollaries. Cauchy's rule.**

II. Integration

- II.1 Introduction to integration. Elementary integration**
- II.2 Integration by parts and integration of powers of trigonometric and hyperbolic functions**
- II.3 Integration of rational functions**
- II.4 Integration by substitution**
- II.5 The Riemann integral of a function and the Fundamental Theorem of Calculus**
- II.6 Volume of solids of revolution and lengths of curves**
- II.7 Numerical integration**
- II.8 Improper integrals**

III. Ordinary differential equations

- III.1 Equations with separable variables**
- III.2 Linear equations of order one**
- III.3 Linear equations of order larger than one**

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

No âmbito do cálculo de limites de sucessões e funções é necessário começar com a formalização destes conceitos e é necessário visitar o conceito de derivada de função real (conhecido do programa de Matemática A) já que este está envolvido no cálculo de alguns tipos de limite. A noção de derivada é também necessária para os conteúdos programáticos e objetivos de aprendizagem subsequentes. Os teoremas clássicos da análise real desempenham um papel importante na teoria do integral de Riemann. A técnica de primitivação é fundamental ao cálculo integral e suas aplicações, que é outro dos objetivos de aprendizagem. Finalmente, para um domínio dos métodos principais de resolução de equações diferenciais ordinárias simples, é necessário percorrer os temas do último capítulo do programa.

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

To understand limits of sequences and functions it is necessary to start with the formalization of these notions. Additionally, in the computation of limits the notion of derivative of a function is required. Derivatives also come into play in the remainder of the course. The classical theorems of analysis have a central role in the theory of the Riemann integral. The technique of integration of a function is fundamental to calculus and its applications, which is another of the course objectives. Finally, for a good understanding of the chief methods for solving ordinary linear differential equations it is necessary to cover the topics of the last chapter of the syllabus.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de tipo teórico e teórico-prático. Os métodos de ensino serão predominantemente expositivos nas componentes teóricas. Nas componentes práticas serão resolvidos problemas sob a orientação do professor. Na exposição far-se-á prevalecer uma forte interação entre os conceitos e a sua aplicação concreta dando um papel central à visualização e à análise de situações particulares antes de proceder a uma abstração progressiva das noções a introduzir. Ao longo do semestre será disponibilizado apoio tutorial à resolução das tarefas propostas.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching in this course will assume two formats: theoretical and example classes. During a theoretical class teaching will be mostly expository. During an example class teaching will consist of problem solving by the students under the guidance of the lecturer. A strong interaction between notions and their practical application is emphasized. In this task, the visualization and the analysis of concrete examples takes on a central role and prepares the way for the abstract definitions. Tutorial support will be available to students to help them on the tasks assigned by the lecturers.

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

Na parte teórica das aulas, a teoria que alicerça as aplicações é explicada, são descritas as técnicas necessárias e são feitos exemplos concretos. Na parte prática o estudante é incentivado a desenvolver as suas próprias competências no domínio da teoria e das suas aplicações. É a ligação entre estes dois tipos de ensino que promove a aprendizagem dos conteúdos da unidade curricular e leva ao alcance dos seus objetivos.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

During the theoretical part of classes the lecturer describes the theory underlying the applications, the required problem solving techniques and many concrete examples. During example parts of classes the student is encouraged to develop his/hers own skills in the fields of the theory and applications. It is this interplay between these two types of teaching that can promote acquisition of the syllabus and the attainment of the course objectives.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

[1] Stewart, J., *Cálculo, Volumes I e II*, 5ª edição, Pioneira, S. Paulo. (2006)

[2] Zill, D. G., *Equações Diferenciais com aplicações em modelagem*, Thomson, S. Paulo. (2003)

[3] J. Campos Ferreira, *Introdução à Análise Matemática*, 11ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 7a. Edição, (2014).

[4] J. Carvalho e Silva, *Princípios de Análise Matemática Aplicada*, McGraw-Hill, (2005).

[5] Carlos Sarrico, *Análise Matemática, Leitura e exercícios*, 6ª edição, Coleção Trajectos Ciência n. 4, Gradiva, (2005).

Mapa IV - Álgebra Linear e Geometria Analítica**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Álgebra Linear e Geometria Analítica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Linear Algebra and Analytic Geometry

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MAT

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-45; TP-45; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Sandra Filipa Morais de Figueiredo Marques Pinto

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

Dotar os alunos dos conhecimentos básicos de Álgebra Linear e Geometria Analítica. Nomeadamente, solucionar sistemas de equações lineares; efetuar operações algébricas com matrizes, compreender e relacionar conceitos e resultados fundamentais de espaços vetoriais, determinar projeções ortogonais e compreender a sua importância no contexto da otimização matemática, compreender e manusear os conceitos de valor próprio e a decomposição espectral de uma matriz. Pretende-se ainda que os estudantes adquiram um conhecimento dos conceitos que lhes permita avaliar do alcance e limitações das matérias estudadas e suas aplicações.

Esta unidade curricular permite desenvolver as seguintes competências instrumentais: análise e síntese, organização e planificação, comunicação oral e escrita, capacidade de resolver problemas e capacidade de cálculo. A nível pessoal permite também desenvolver capacidades de aprendizagem autónoma e espírito crítico, bem como aplicar na prática os conhecimentos teóricos.

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

To provide the students with the basic knowledge of Linear Algebra and Analytical Geometry. Namely, to solve linear systems of equations, to perform algebraic operations with matrices, understand and relate fundamental concepts and results on vectorial spaces, to determine orthogonal projections and understand their importance in the context of mathematical optimization, to understand and compute eigenvalues and find the spectral decomposition of a matrix. It is also intended that students acquire a knowledge of the concepts in order to assess the scope and limitations of the materials studied and their applications. The course aims at developing the following skills: analysis and synthesis, organization and planning, oral and written communication, problem-solving skills and computational ability. On the personal level it also allows to develop self-learning skills and independent thinking.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Matrizes.

Resolução de sistemas de equações lineares - Método de eliminação de Gauss.

Inversão de matrizes.

Determinantes.

R^n e seus subespaços: independência linear; base e dimensão; transformações lineares; produto interno; método dos mínimos quadrados. Diagonalização de matrizes. Aplicação à resolução de sistemas de equações diferenciais lineares.

4.4.5. Syllabus:

Matrices.

Solving of linear systems of equations – the Gaussian elimination method.

Inversion of matrices.

Determinants.

R^n and its subspaces: linear Independence, base and dimension, linear transformations, inner product, least squares method.

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

A unidade curricular congrega os tópicos fundamentais do Álgebra Linear e Geometria Analítica, numa perspetiva moderna e que acompanha práticas internacionais atuais. O programa está concebido de modo a dotar os estudantes de ferramentas básicas para o estudo ulterior em diversas unidades curriculares.

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

The curricular unit brings the fundamental topics of Linear Algebra and Analytical Geometry, in a modern perspective that follows current international practices. The program is conceived to equip the students with the basic tools for further studies in different courses.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de tipo teórico e teórico-prático. Os métodos de ensino serão predominantemente expositivos nas componentes teóricas. Nas componentes práticas serão resolvidos problemas sob orientação do professor.

Na exposição far-se-á prevalecer uma forte interação entre os conceitos e a sua aplicação dando um papel central à visualização e à análise de situações particulares antes de proceder a uma abstração progressiva das noções a introduzir.

Ao longo do semestre será disponibilizado aos alunos apoio tutorial à resolução das tarefas propostas.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes are of theoretical and theoretical-practical type. The teaching methods in the theoretical components will be predominantly expository. In the practical components problems will be solved under the guidance of the teacher.

The strong interaction between concepts and their practical application must be discussed, giving as much as possible a central role in the visualization and analysis of particular situations before making a progressive abstraction of the concepts being introduced.

Some tutorial support will be available to help the students solving the proposed tasks.

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

A combinação do trabalho teórico e prático é a chave para atingir os objetivos. Nas aulas faz-se a apresentação e desenvolvimento dos tópicos que constituem os conteúdos programáticos da unidade curricular, incluindo as técnicas matemáticas a adquirir pelos estudantes. Estes devem ser incentivados a adotar uma atitude participativa nas aulas e a resolver as tarefas propostas como trabalhos de casa, aplicando as metodologias apresentadas nas aulas teóricas e teórico-práticas.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

Combining theoretical and practical work is the key to attain the goals. Classes allow the presentation and development of the topics that form the syllabus of the course, including the mathematical techniques to be acquired by the students. These should be encouraged to participate in the classroom work and to solve the tasks proposed as homework, applying the methodologies presented in class.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Ana Paula Santana e João Filipe Queiró, Introdução à Álgebra Linear, Gradiva, 2010.*
- *Gilbert Strang, Linear Algebra and Its Applications, Harcourth Brace Jovanovich, 3rd ed, 1988.*

Mapa IV - Introdução à Programação e Resolução de Problemas**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Introdução à Programação e Resolução de Problemas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Programming and Problem Solving

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-15; TP-60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Ernesto Jorge Fernandes Costa

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

O objectivo principal é o de ensinar/aprender os princípios básicos da programação procedimental num contexto de resolução de problemas. Sendo a linguagem

de programação apenas um veículo de expressão das soluções algorítmicas, e, desse ponto de vista todas serem equivalentes, optou-se por uma linguagem, Python, que permite minimizar as dificuldades de sintaxe e que ao mesmo tempo induz boas práticas de programação.

Espera-se que os alunos desenvolvam capacidades de análise e de síntese, de resolução de problemas, de raciocínio crítico, de aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, e ainda competências informáticas relacionadas com o âmbito de estudo. Também se pretende fomentar a aprendizagem autónoma e o trabalho em grupo, as relações interpessoais, e a comunicação oral e escrita.

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

The main goal is to teach/learn the basic principles of procedural programming in the context of problem solving. A programming language is just the vehicle that enables us to express algorithmic solutions to problems, and from that point of view they are all equivalent, yet we opt by Python for it minimizes the burden of complex syntax and because it induces good programming practices.

We expect students to acquire and develop the skills of analysis and synthesis, of problem solving, critical reasoning, practical application of the knowledge, and the informatics competences related with the concepts under study. We also want to foster the autonomous learning and group work skills, the interpersonal relationships and the oral and written communication.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Computadores, programas e computação*
2. *Conceitos Básicos: objetos simples e operadores*
3. *Instruções destrutivas*
4. *Instruções de controlo*
5. *Objetos estruturados: listas, tuplos e dicionários*
6. *Ficheiros*
7. *Recursividade*
8. *Complementos: alcance de variáveis, módulos, iteradores, geradores, funções de ordem superior*
9. *Desenvolvimento de programas*

4.4.5. Syllabus:

1. *Computers, programs and computation*
2. *Basic concepts: simple objects and operators*
3. *Destructive Instructions*
4. *Control instructions*
5. *Structured objects: lists, tuples and dictionaries*
6. *Files*
7. *Recursion*
8. *Complements: scope of variables, modules, iterators, generators, higher-order functions*
9. *Program development*

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

Esta UC tem por objectivo ensinar os princípios básicos da programação procedimental e da resolução de problemas. Na 1ª parte o aluno irá tomar contacto com os conceitos fundamentais da programação procedimental: objetos e operações, instruções e mecanismos de abstração (6 primeiros pontos). Os restantes pontos introduzirão aspectos mais avançados, procurando os princípios e não tanto o que é particular à linguagem de programação (pontos 7 e 8), e ainda os aspectos metodológicos de desenvolvimento de programas (ponto 9). Em síntese, procura-se apresentar conceitos de programação e de resolução de problemas numa lógica do mais simples para o mais complexo.

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

This course main goal is to teach the basics of procedural programming and of problem solving. In the first part, we will present the fundamental concepts of

procedural programming, namely, objects, operators, statements and abstraction mechanisms (first 6 points of the program). Then we will introduce more advanced concepts, driven by general principles and not by the syntax of the chosen programming language (points 7 e 8), and conclude with the methodological aspect of program development (point 9). Finally, the concepts of programming development and problem solving will be given from simple to more complex.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Esta uc está estruturada em uma aula T de 1h de duração, e em 2 aulas TP com 2h de duração. Nas aulas teóricas são apresentados os conceitos fundamentais da programação, a serem desenvolvidos nas aulas práticas. Os conceitos serão exemplificados com pequenos pedaços de código, mas a sua execução será dirigida à resolução de problemas. Este modelo permite efetuar a avaliação por recurso a duas componentes: mini testes (25%), e exame escrito sem consulta (75%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This course is organized in a T lecture (1h) and two classes of two hours each during fourteen weeks. In the theoretical lecture, the main concepts of programming will be introduced, that will be explored in the next practical lectures. The concepts will be exemplified with code snippets while the practice will be driven by problems that foster student's motivation. Within this model it will be possible to evaluate the students based on two components: mini tests (25%) and a (closed books) written exam (75%).

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

A melhor maneira de interiorizar métodos de resolver problemas é implementar os respectivos algoritmos e efetuar testes para diferentes configurações. A proximidade no tempo entre teóricas e práticas promove uma forma ativa de aprendizagem. As aulas práticas, com avaliação personalizada, permitirão desenvolver competências como a capacidade de análise e de síntese, de resolução de problemas, de raciocínio crítico, de aplicação na prática os novos conhecimentos, de uso do computador, de discussão em grupo, de relações interpessoais e da comunicação oral. Os mini testes e o exame promoverão ainda a capacidade comunicação por escrito, de aprendizagem autónoma, de análise e síntese, de raciocínio crítico.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The best way to gain proficiency in different methods to solve problems is to implement the algorithms, making also tests with different configurations of these algorithms. The small time gap between between theoretical lectures and practical labs will promote learning by doing. During practical classes, personal evaluation will contribute to the acquisition and development of the skill of analysis and synthesis, problem solving, critical reasoning, practical application of knowledge, using the computer, group discussions, interpersonal relationships and oral communication. The mini tests and the written exam will also promote the attributes of written communication, autonomous learning, analysis and synthesis, and critical reasoning.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Programação em Python: fundamentos e resolução de problemas, Ernesto Costa, FCA 2015.*
- *Python: programming in context, B. Miller and D. Ranum, Jones and Bartlett, 2009.*
- *Learning Python (4th edition), M. Lutz, O'Reilly, 2009.*
- *Introduction to Computation and Programming using Python, John V. Guttag, 2012*
- *Python Playground, Mahesh Venkitachalam, No Starch Press, 2016,*
- *Introduction to Python for Science and Engineering, David J. Pine, CRC Press, 2019.*
- *An Introduction to Python and Computer Prtogramming, Yue Zhasng, Springer, 2015.*
- *Python Crash Course, Eric Matthes, No Starc Press, 2016.*

Mapa IV - Física

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP- 60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Fernando Manuel Silva Nogueira

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

- Reconhecer e utilizar conceitos da Física de modo a compreender vários dispositivos de recolha de dados físicos para Engenharia e Ciência de Dados (ECD).*
- Analisar, sintetizar e processar informação.*
- Utilizar metodologias e técnicas adequadas em Física, aplicando-as em situações e sistemas com interesse para ECD.*
- Reconhecer a importância da física na interpretação e explicação de problemas que surgem em ECD, na ciência e na tecnologia.*
- Preparar, processar, interpretar e comunicar informação física, utilizando fontes bibliográficas, discurso adequado e as ferramentas apropriadas.*
- Competências genéricas a atingir*
 - . Competência em análise e síntese;*
 - . Competência para resolver problemas;*
 - . Competência em raciocínio crítico;*
 - . Competência em aprendizagem autónoma;*
 - . Ambição profissional;*
 - . Competência em organização e planificação;*

- . *Competência em comunicação oral e escrita;*
- . *Competência em gestão da informação;*
- . *Adaptabilidade a novas situações;*
- . *Criatividade.*

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

- *Recognise and use basic concepts of Physics to understand several data acquisition devices used in Data Science and Engineering (DSE).*
- *Analyse, synthesise and process information.*
- *Know how to use physics methodologies and techniques, applying them in situations of interest to DSE.*
- *Recognise the importance of physics in the interpretation and explanation of problems in DSE, science and technology.*
- *Prepare, process, interpret and communicate physical information, using bibliographical sources relevant, an appropriate speech and the right tools in classroom.*
- *Generic skills to achieve*
 - . *Competence in analysis and synthesis;*
 - . *Competence to solve problems;*
 - . *Competence in critical thinking;*
 - . *Competence in autonomous learning;*
 - . *Professional ambition;*
 - . *Competency in organisation and planning;*
 - . *Competence in oral and written communication;*
 - . *Competence in information management;*
 - . *Adaptability to new situations;*
 - . *Creativity.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

MECÂNICA DA PARTÍCULA E DE SISTEMAS:

Leis de Newton

Forças de atrito

Forças conservativas e energia potencial

Energia mecânica

Momento linear

Torque e momento angular

MECÂNICA DOS FLUIDOS

Princípios fundamentais de hidroestática

Dinâmica de fluidos não viscosos

Viscosidade, fluidos não newtonianos

OSCILAÇÕES

Movimento harmónico simples

Oscilações amortecidas, forçadas, ressonâncias

ONDAS

Ondas progressivas e estacionárias

Ondas transversais e longitudinais

Reflexão, refração e absorção

Ondas sonoras; sons e ultra-sons

Efeito Doppler

ELETROMAGNETISMO*Carga eléctrica e lei de Coulomb**Campo eléctrico e potencial eléctrico**Corrente eléctrica e circuitos de corrente contínua.**Campo magnético**Fontes de campo magnético***ÓTICA***Natureza ondulatória da luz: espectro electromagnético**Interferência, difração e polarização***FÍSICA MODERNA***Ideias fundamentais da Mecânica Quântica**Lasers: noções básicas**Introdução à Física Nuclear***4.4.5. Syllabus:****MECHANICS OF PARTICLES AND FIELDS:***Newton's Laws**Friction forces**Conservative forces and potential energy**Mechanical energy**Linear momentum**Torque and angular momentum***FLUID MECHANICS***Fundamental principles of hydrostatics**Dynamics of non-viscous fluids**Viscosity, non-newtonian fluids***OSCILLATIONS***Simple harmonic oscillator**Damped and forced oscillations and resonances***WAVES***Progressive and stationary waves**Transverse and longitudinal waves**Reflection, refraction and absorption**Sound waves, sound and ultrasound**Doppler effect***ELECTROMAGNETISM***Electric charge and Coulomb's law**Electric field and electric potential**Electric current and DC circuits**Magnetic field**Sources of magnetic field***OPTICS***Wave nature of light: electromagnetic spectrum*

Interference, diffraction and polarization**MODERN PHYSICS*****Basic principles of Quantum Mechanics******Lasers: basic aspects******Introduction to Nuclear Physics*****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*****Os conteúdos estão em linha com a generalidade das disciplinas de Física Geral num só semestre de cursos de ciências e tecnologias das universidades nacionais e estrangeiras de referência.*****4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:*****The contents are in line with most of the one semester courses on General Physics of scientific and engineering BSc degrees in other Portuguese universities as well as in reference foreign universities.*****4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):*****Ensino teórico-prático com referências constantes aos dados físicos cuja aquisição e tratamento mais possa interessar aos alunos de Engenharia e Ciência de Dados. Será enfatizada a referência a situações do dia a dia que podem ser explicadas recorrendo aos conceitos da física que se aprendem na disciplina. Procurar-se-á desta forma ilustrar a utilidade e a importância da física como disciplina estruturante em cursos de ciências e de tecnologias. Serão realizadas demonstrações experimentais em sala de aula.*****4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):*****Mixed theory and exercise lectures with constant references to data from physical systems whose acquisition and handling might be of interest to Data Science and Engineering students. We emphasize everyday situations that can be explained using the physical concepts included in the syllabus. In this way we try to illustrate the usefulness and the importance of physics as a structural discipline in scientific and technological courses. Classroom experimental demonstrations will be performed to help students to learn the subject.*****4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*****Os métodos são os habituais numa disciplina com os objetivos indicados.*****4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:*****The methodologies are the usual ones in a course unit with the indicated objectives.*****4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:*****Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics******Raymond A. Serway, John Jewett******Brooks/Cole (9th edition, 2013); ISBN: 978-1133953******Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics******Douglas C. Giancoli******Pearson (4th edition, 2008); ISBN: 978-0136074809******Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics******Hugh D. Young and Roger A. Freedman******Addison-Wesley (13th edition, 2012); ISBN: 978-0-321-69686-1***

Mapa IV - Otimização e Análise em Grafos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Otimização e Análise em Grafos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Optimization and Graphs Analysis

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MAT

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Marta Margarida Braz Pascoal

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

João Gouveia

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

Esta unidade curricular é uma introdução aos fundamentos da teoria dos grafos, otimização de redes e ferramentas analíticas de grafos. O estudo das noções básicas sobre teoria dos grafos é seguido pela sua aplicação a problemas e algoritmos clássicos de otimização de redes. A última parte concentra-se em ferramentas para extrair informação sobre a estrutura e propriedades de grafos.

Os alunos são expostos a diferentes aplicações de conceitos e problemas em grafos, bem como ao pensamento algorítmico, sendo gradualmente preparados

para a utilização de ferramentas para interpretar e trabalhar com redes complexas na área de ciências de dados.

A unidade curricular visa desenvolver as seguintes competências instrumentais: análise e síntese, organização e planeamento, comunicação oral e escrita claras, competências de resolução de problemas. Em termos pessoais e sistémicos, também permite desenvolver capacidades de aprendizagem autónoma e pensamento independente.

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

The course is an introduction to the fundamentals of graph theory, network optimization and graph analytic tools. The study of basic notions on graph theory is followed by their application to classical network optimization problems and algorithms. The last part of the course focuses on tools to extract information about the structure and properties of graphs, which are useful for analyzing general graphs.

The students are exposed to different applications of graph concepts and problems, as well as to algorithmic thinking, while gradually preparing them for using tools to work with complex networks in the area of data science.

The course aims at developing the following skills: analysis and synthesis, organization and planning, clear oral and written communication, problem-solving skills. On the personal and systemic levels it also allows to develop self-learning skills and independent thinking.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução e aplicações

2. Conceitos fundamentais

2.1 Definição de grafo e extensões

2.2 Representações de grafos

2.3 Graus e sequências de graus

2.4 Isomorfismo de grafos

2.5 Conetividade

3.1 Circuitos eulerianos

3.2 Ciclos hamiltonianos

2.6 Árvores

2.7 Planaridade

2.8 Colorações

3. Travessia de grafos

3.3 Travessia de grafos

4. Otimização em redes

4.1 Árvore geradora mínima

4.2 Caminho mais curto

4.3 Fluxo máximo – corte mínimo

5. Análise de grafos

5.1 Distribuição de graus

5.2 Medidas de centralidade

6. Comunidades

6.1 Agrupamentos e partições

6.2 Deteção de comunidades

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction and applications

2. Fundamental concepts

2.1 Definition of graphs and extensions

2.2 Representations of graphs

2.3 Degrees and degrees sequences

2.4 Graphs isomorphism

2.5 Connectivity

2.6 Trees**2.7 Planar graphs****2.8 Colorations****3. Graph traversals****3.1 Eulerian circuits****3.2 Hamiltonian cycles****3.3 Graph traversals****4. Network optimization****4.1 Minimum spanning tree****4.2 Shortest path****4.3 Maximum flow – minimum cut****5. Graph analysis****5.1 Degrees distribution****5.2 Centrality measures****6. Communities****6.1 Clustering and Partitioning****6.2 Community Detection****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

O programa abrange conceitos e resultados fundamentais em teoria de grafos, otimização em redes e análise de grafos. Inicialmente são introduzidos conceitos e resultados de teoria de grafos, que mais tarde são aplicados em problemas de otimização em redes, assim como no estudo de ferramentas de análise de redes, tais como medidas de centralidade ou identificação de comunidades. É dada ênfase ao raciocínio matemático e algorítmico subjacente aos métodos estudados, chamando-se a atenção para a complexidade de cada um. Sempre que possível são apresentados exemplos ilustrativos e aplicações motivadoras relacionados com redes complexas.

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

The program covers fundamental concepts and results in graph theory, network optimization and graph analytics. Initially, graph theory concepts and results are introduced, which are later applied to network optimization problems, as well as to the study of network analytic tools such as centrality measures or communities detection. Emphasis is given on the mathematical and algorithmic reasoning underlying the studied methods, drawing attention to the each one's complexity. Whenever possible illustrative examples and motivational applications related to complex networks are presented.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de dois tipos: aulas essencialmente expositórias, em que são introduzidos os conceitos teóricos e apresentados exemplos; e aulas de resolução de exercícios e de discussão de problemas pelos estudantes, sob a orientação do professor. Os estudantes são sempre encorajados a resolver os problemas de forma autónoma.

Os períodos de contacto em aula são complementadas por períodos de atendimento aos estudantes, para apoiar o seu trabalho independente.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

There are two types of classes: mainly expository classes, where theoretical concepts are introduced, together with motivating application examples; and classes where the students solve exercises and discuss problems under the guidance of the professor. The students are always encouraged to solve problems autonomously.

Formal lectures are complemented by tutorial time, offered to the students to support them with their personal work.

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

Nas aulas introduzem-se os conceitos que constituem os conteúdos programáticos da unidade curricular e das técnicas matemáticas a adquirir pelos estudantes. Os estudantes são incentivados a proceder à sua análise e aplicação num contexto prático através da resolução e da discussão de problemas.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

In the classes the concepts that constitute the programmatic contents of the curricular unit and of the mathematical techniques to be acquired by the students are introduced. The students are encouraged to analyze and apply them in a practical context by means of solving and discussing problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

M. Van Steen. Graph theory and complex networks: An introduction, Amsterdam: Maarten van Steen, 2010.

J. Simões Pereira, Matemática Discreta - Grafos, Redes, Aplicações, Editora Luz da Vida, 2009.

M. E. J. Newman, Networks 2nd edition, Oxford University Press, 2018.

M.S. Bazaraa, J.J. Jarvis, H.D. Sherali, Linear Programming and Network Flows, segunda edição, Wiley & Sons, 1990.

Mapa IV - Análise Matemática II**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Análise Matemática II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mathematical Analysis II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MAT

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-45; TP-45; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Jorge Sentieiro Neves

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

Gonçalo Nuno Travassos Borges Alves Pena

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

O estudante aprovado nesta unidade curricular deverá ser capaz de:

- i) calcular a soma de uma série geométrica ou de uma série de Mengoli;*
- ii) decidir se uma série de números reais é convergente;*
- iii) desenvolver uma função real de variável real em série de potências;*
- iv) calcular a série de Fourier de uma função periódica;*
- v) calcular a direção de maior crescimento de uma função real de duas variáveis;*
- vi) resolver um problema de extremos condicionados;*
- vii) calcular áreas e volumes usando integrais duplos e triplos, respetivamente.*

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

The student who successfully completes this course will be able to:

- i) compute the sum of a geometric series or telescopic series;*
- ii) decide whether a series is convergent or not;*
- iii) expand a real function as a power series;*
- iv) compute the Fourier series of a periodic function;*
- v) compute the direction of greatest rate of increase of a real function of two variables;*
- vi) solve a constrained extrema problem;*
- vii) compute areas and volumes using double and triple integration, respectively.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

I. Séries numéricas e séries de funções

I.1 Introdução às Séries numéricas, séries elementares

I.2 Critérios de convergência.

I.3 Séries de funções

I.4 Séries de potências

I.5 Séries de Taylor

I.6 Séries de Fourier

II. Funções reais de variáveis reais

II.1 Curvas de nível e Superfícies de nível

II.2 Limites e continuidade

II.3 Derivadas parciais e direcionais

II.4 Gradiente, planos tangentes e aproximações lineares

II.5 Regra da Cadeia

II.6 Extremos absolutos e extremos locais, método dos multiplicadores de Lagrange

III. Integrais múltiplos

III.1 Introdução aos integrais duplos e triplos

III.2 Teorema de Fubini

III.3 Mudança de coordenadas

4.4.5. Syllabus:**I. Series of real numbers and Function Series****I.1 Introduction to series of real numbers, elementary series****I.2 Convergence criteria****I.3 Function series****I.4 Power Series****I.5 Taylor series****I.6 Fourier Series****II. Real functions of several real variables****II.1 Level curves and level surfaces****II.2 Limits and continuity****II.3 Partial derivatives and directional derivatives****II.4 Gradient vector, tangent plane and linearization****II.5 Chain Rule****II.6 Global and local extrema. Lagrange multipliers****III. Multiple integrals****III.1 Introduction to multiple integration****III.2 Fubini's Theorem****III.3 Change of coordinates****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

O cálculo da soma de uma série e o estudo da natureza de uma série requerem uma familiarização com os conceitos formais de série e de convergência de série, bem como o conhecimento dos critérios de convergência. O desenvolvimento de uma função em série de potências, que é um caso particular de série de funções, assenta, em primeiro lugar, num bom entendimento da teoria geral das séries de potências e em segundo lugar no conhecimento da teoria das séries de Taylor. O estudo das direções de maior crescimento de uma função real de duas variáveis envolve os conceitos de limite, continuidade, derivação parcial e vetor gradiente, que são os principais temas do segundo capítulo. O método dos multiplicadores de Lagrange é o método de resolução de um problema de extremos condicionais. Finalmente, o cálculo de áreas e volumes usando integrais múltiplos, usa o Teorema de Fubini e também, frequentemente, mudanças de coordenadas.

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

The computation of the sum of a series or the study of its convergence requires a basic knowledge of the theory of number series and, as well, the knowledge of the convergence criteria. The expansion of a series as a power series, which is a particular case of a function series, relies firstly on a good understanding of the general theory of power series, and, secondly, on the knowledge of the theory of Taylor Series. The analysis of the directions of greatest rate of growth of real function of two variables involves the notions of limit, continuity, partial derivatives and gradient vector, which are the chief topics of the second chapter. The method of Lagrange multipliers is the tool used in solving a constrained extrema problem. Finally, the computation of areas and volumes using multiple integration uses Fubini's Theorem and also, often, change of coordinates.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de tipo teórico e teórico-prático. Os métodos de ensino serão predominantemente expositivos nas componentes teóricas. Nas componentes práticas serão resolvidos problemas sob a orientação do professor. Na exposição far-se-á prevalecer uma forte interação entre os conceitos e a sua aplicação concreta dando um papel central à visualização e à análise de situações particulares antes de proceder a uma abstração progressiva das noções a introduzir. Ao longo do semestre será disponibilizado apoio tutorial à resolução das tarefas propostas.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching in this course will assume two formats: theoretical and example classes. During a theoretical class teaching will be mostly expository. During an

example class teaching will consist of problem solving by the students under the guidance of the lecturer. A strong interaction between notions and their practical application is emphasized. In this task, the visualization and the analysis of concrete examples takes on a central role and prepares the way for the abstract definitions. Tutorial support will be available to students to help them on the tasks assigned by the lecturers.

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

Nas aulas teóricas a teoria que alicerça as aplicações é explicada, são descritas as técnicas necessárias e são feitos exemplos concretos. Na aula prática o estudante é incentivado a desenvolver as suas próprias competências no domínio da teoria e das suas aplicações. É a ligação entre estes dois tipos de ensino que promove a aprendizagem dos conteúdos da unidade curricular e leva ao alcance dos seus objetivos.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

During the theoretical classes the lecturer describes the theory underlying the applications, the required problem solving techniques and many concrete examples. During example classes the student is encouraged to develop his/hers own skills in the fields of the theory and applications. It is this interplay between these two types of teaching that can promote acquisition of the syllabus and the attainment of the course objectives.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

[1] Stewart, J., Cálculo, Volumes I e II, 5ª edição, Pioneira, S. Paulo. (2006)

[2] J. Campos Ferreira, Introdução à Análise Matemática, 11ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 7a. Edição, (2014).

[3] J. Carvalho e Silva, Princípios de Análise Matemática Aplicada, McGraw-Hill, (2005).

[4] Carlos Sarrico, Análise Matemática, Leitura e exercícios, 6ª edição, Coleção Trajectos Ciência n. 4, Gradiva, (2005).

Mapa IV - Estatística

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Estatística

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Statistics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MAT

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-45; TP-45; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Cristina Maria Tavares Martins

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

Introduzir conhecimentos básicos em modelação de comportamentos padrão de fenómenos aleatórios em contextos de Engenharia ou Ciência, contribuindo para uma formação capaz de descrever, analisar e interpretar situações reais através de modelos matemáticos não deterministas. A correta utilização de métodos estatísticos, bem como a interpretação rigorosa dos resultados necessitam de uma formação teórica de base, para a qual esta disciplina contribui. Preparar os alunos para a aplicação de métodos e conceitos a situações reais, que envolvam a estimação de parâmetros de um modelo, testar a sua adequação e obter explicações que permitam interpretar, prever e decidir sobre os fenómenos em estudo. Esta uc desenvolve as seguintes competências instrumentais: análise e síntese, resolução de problemas e capacidade de decisão. A nível pessoal: raciocínio crítico, trabalho em equipas interdisciplinares e aprendizagem autónoma.

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

The goal is to introduce basic knowledge to prepare the student to model the behavior of random phenomena in the context of engineering or science. It contributes to prepare students to describe, analyze and interpret real situations using non-deterministic mathematical models. The correct use of statistical methods in specific cases, and the strict interpretation of results, requires a theoretical base, for which this course contributes. It intends to prepare students for applying statistical methods and concepts to real situations involving the estimation of parameters of a model, testing its fitness and getting explanation to interpret, predict and decide on the phenomena under study. This unit develops the following instrumental skills: analysis and synthesis, problem solving and decision-making capacity. On a personal level: development of critical thinking, work in interdisciplinary teams and autonomous learning.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Probabilidades: Experiência aleatória, espaço dos resultados, acontecimentos. Definição de Probabilidade segundo Kolmogorov e suas consequências. Probabilidade condicionada. Independência de acontecimentos. Variáveis Aleatórias e Distribuições: Variáveis aleatórias reais discretas e contínuas. Momentos simples e centrados. Parâmetros de ordem. Modelos probabilistas, discretos e contínuos mais usuais. Teorema do limite central e aplicações. Estimação Paramétrica: Introdução à estatística inferencial. Revisão de estatística descritiva. Estimação pontual: estimadores, propriedades da média e da variância empíricas, métodos de estimação pontual. Estimação intervalar: intervalos de confiança, método da variável fulcral, aplicações. Testes de Hipóteses: Generalidades. Testes paramétricos. Aplicações. Testes de ajustamento do Qui-quadrado. Modelo de Regressão Linear Simples: Construção e validação do modelo. Intervalo de confiança e testes para os parâmetros do modelo. Previsão.

4.4.5. Syllabus:

Probability

Random experience, the space of outcomes, events. Kolmogorov' definition of probability and its consequences. Conditional probability. Independence of events.

Random Variables and Distributions

Discrete and continuous real random variables. Simple and centered moments. Order parameters. Principal discrete and continuous probabilistic models. Central limit theorem and applications.

Parametric Estimation

Introduction to inferential statistics. Review of descriptive statistics. Point estimation: estimators, properties of the empirical mean and variance, point estimation methods. Interval estimation: confidence intervals, the method of the pivotal variable, applications.

Hypothesis Tests

Introduction to the theory of hypothesis testing. Parametric tests. Applications. Chi-square test of adjustment.

Simple Linear Regression Model

Construction and validation of the model. Confidence intervals and tests for the parameters of the model. Forecasting.

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

O curso inicia-se com a apresentação das principais noções da teoria das probabilidades de modo a estudar e manipular adequadamente as famílias de modelos probabilistas, discretos e contínuos, mais utilizados em situações reais bem como fundamentar os métodos estatísticos inferenciais.

O tratamento da informação associada a uma amostra observada e as questões de inferência que se poderão colocar são em seguida abordados. A obtenção de estimativas criteriosas, a construção de intervalos de confiança e de testes de hipóteses para parâmetros populacionais bem como os testes de ajustamento do qui-quadrado são matérias analisadas na segunda parte do curso. Para terminar, apresenta-se um dos modelos estatísticos mais utilizado para traduzir a relação entre duas variáveis.

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

The course begins with the presentation of the main concepts of probability theory in order to properly study and manipulate the families of probabilistic models, discrete and continuous, more popular in real situations as well as to support the inferential statistical methods.

The treatment of information associated with an observed sample and inference questions that may arise are then discussed. The second part of the course is dedicated to construct point estimates, confidence intervals, hypothesis tests for population parameters and Chi-square test of adjustment. Finally, we present one of the most widely used statistical tools to model the relationship between two variables.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino inclui sessões teóricas e práticas. As primeiras são de natureza expositiva acompanhada pela apresentação de exemplos para motivar os alunos e concretizar as noções expostas. Nas segundas são propostos exercícios que permitem aplicar os conhecimentos adquiridos, devendo o aluno participar na resolução dos mesmos.

Para desenvolver a capacidade crítica e de interpretação de resultados, poderão ser sugeridos pequenos projetos envolvendo trabalho de campo, desenvolvimento de modelos estatísticos e meios computacionais.

Semanalmente, é disponibilizado um tempo de orientação tutorial.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching is provided in theoretical and practical sessions. The theoretical sessions are expository and include the presentation of examples that motivate and enable to understand the notions exposed. In order to apply the acquired knowledge, exercises are systematically proposed in the practical sessions and students must participate in solving them.

Small projects involving fieldwork, development of simple statistical models and computational means may be suggested to develop critical skills and interpretation of results.

Weekly, tutorial time is offered to help students.

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

As aulas permitem expor, discutir e exemplificar a teoria matemática subjacente ao estudo das Probabilidades e Estatística. Os modelos e os métodos apresentados nas aulas são sistematicamente aplicados na resolução de exercícios, contribuindo para uma melhor compreensão e consolidação das matérias abordadas.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The classes allow exposing, discussing and illustrating the mathematical theory underlying the study of Probability and Statistics. The models and methods presented in class are systematically applied by solving multiple exercises, contributing to a better understanding and consolidation of the subjects covered.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Gonçalves, E., E. Nogueira, A.C. Rosa (2011) - Noções de Probabilidades e Estatística, 183 p. Departamento de Matemática, FCTUC.*
- *Murteira, B., C. S. Ribeiro, J. A. Silva, C. Pimenta (2010) - Introdução à Estatística, 3ª ed., Escolar Editora, Lisboa.*
- *Andrews, L.C., R.L. Phillips (2003) – Mathematical Techniques for engineers and scientists, Spie Press, Washington.*
- *Devore, J.L. (2011) - Probability and statistics for engineering and the sciences, 8ª ed., Brooks/Cole.*
- *Guimarães, R., Sarsfield Cabral, J. (2007) - Estatística, 2ª ed., McGraw-Hill, Lisboa.*
- *Maroco, J. (2007) - Estatística com utilização do SPSS, 3ª ed., Edições Sílabo.*
- *Montgomery, D.C., G.C. Runger (2007) - Applied Statistics and Probability for Engineers, 4ª ed., 2007, Wiley.*
- *Moore, D., McCabe, G. (2011) - Introduction to the practice of statistics, 7ª ed., Freeman, New York.*

Mapa IV - Introdução à Engenharia e Ciência de Dados**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Introdução à Engenharia e Ciência de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Data Science and Engineering

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Paulo Fernando Pereira de Carvalho

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

Jorge Manuel Oliveira Henriques, Marco Vieira, César Alexandre Domingues Teixeira

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

A uc pretende introduzir as áreas da engenharia e ciência dos dados, apresentando ao aluno uma visão geral da área, dos seus princípios metodológicos, dos seus desafios e das suas principais aplicações. Nesse sentido pretende-se que o aluno crie sensibilidade para o conjunto de desafios técnicos, científicos e metodológicos que um Engenheiro em Ciência dos Dados irá enfrentar na sua prática profissional, permitindo-lhe criar sensibilidade para a escolha das metodologias adequadas na análise e desenho de soluções bem como para a criação de valor em Ciências dos Dados. A uc servirá assim de ligação às unidades curriculares disciplinares que compõem o plano curricular, facultando ao aluno a possibilidade de integrar em cada momento os conhecimentos disciplinares numa perspectiva mais abrangente da Engenharia e da Ciência dos Dados. Também se pretende fomentar a aprendizagem autónoma e o trabalho em grupo, as relações interpessoais, e a comunicação.

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

The curr. unit intends to introduce the areas of data science and data engineering, providing student with an overview of the area, its methodological principles, its challenges and its main applications. The goal is that student create sensitivity to the set of technical, scientific and methodological challenges that a Data Science Engineer will experience in his/her professional practice, allowing him/her to create sensitivity for choosing the appropriate methodologies in the analysis and design of solutions as well as for the creation of value in Data Sciences. The uc will thus serve as a link to the disciplinary curricular units that make up the curricular plan, enabling the student to integrate disciplinary knowledge in a more comprehensive perspective of Engineering and Data Science at all times. It is also intended to foster autonomous learning and group work, interpersonal relationships, and oral and written communication.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução: O que é a Engenharia e a Ciência de Dados?

- **Big Data e Ciência dos Dados**
- **Porquê agora?**
- **Situação atual e perspectivas**
- **Competências necessários**

Problemas e Aplicações

- **Ciência de dados: ciclo de vida e o pipeline**
- **Problemas: regressão, classificação, agrupamento, e regras de associação**
- **Aplicações comuns de análise de dados**

Engenharia de dados

- **Desafios na engenharia de dados**
- **Dados, memória e armazenamento**
- **Sistemas operativos**
- **Bases de Dados**
- **Rede e Internet**
- **Engenharia de S/W**
- **Computação de alto desempenho e em nuvem**

Ciência dos Dados

- **Porque precisamos de métodos diferentes?**
- **Desafios comuns na ciência de dados**
- **Análise exploratória de dados**

- *Preparação e limpeza de dados*
 - *Engenharia de atributos e maldição da dimensionalidade*
 - *Regressão, classificação, agrupamento, ...*
 - *Fusão*
 - *Validação*
- Algoritmos básicos**
- *Regressão linear*
 - *kNN*

4.4.5. Syllabus:

Introduction: What is Data Science and Data Engineering?

- *Big Data and Data Science*
- *Why now? – Datafication*
- *Current landscape of perspectives*
- *Skill sets needed*

Problems and Applications

- *Essential Concepts of Data*
- *The data science life cycle and pipeline*
- *Typical problems: regression, classification, clustering and association rules*
- *Popular Data Analytics Applications*

Data Engineering landscape

- *Common challenges in data engineering*
- *Data, memory and storage*
- *Operating Syst.*
- *Database Syst.*
- *Networking and the Internet*
- *S/W Engineering*
- *HPC&Cloud computing*

Data Science landscape

- *Why do we need diferente methods?*
- *Common Challenges in data science*
- *Exploratory Data Science*
- *Data preparation and cleaning*
- *Feature Engineering and curse of dimentionality*
- *Regression, classification, clustering*
- *Fusion*
- *Validation*

Basic Machine Learning Algorithms

- *Linear Regression*
- *k-NN*

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

O programa destina-se a introduzir aos estudantes uma visão envolvente da engenharia e da ciência dos dados. A abordagem seguida privilegia uma abordagem construtivista, ou seja, dos desafios para as diferentes metodologias e conceitos. Na teórica serão apresentados desafios quer da engenharia dos dados quer da ciência dos dados como motivação para a fundamentação das diferentes fases do pipeline típico e das tecnologias envolvidas. Na prática, os desafios e as

limitações de diferentes abordagens serão consolidados por recurso a exercícios por recurso a ferramentas ou módulos fornecidos que terão que ser integrados e analisados pelos alunos. Serão ainda introduzidos alguns algoritmos simples de aprendizagem que permitirão ilustrar diversos desafios.

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

The program is designed to introduce students to an engaging view of engineering and data science. The approach followed favors a constructivist approach, that is, from the challenges to the different methodologies and concepts. The theoretical will introduce both data engineering and data science challenges as motivation for the fundamentals of the different phases of the typical pipeline in data science and the technologies involved in deployment of solutions. In the practical component of the course, the challenges and limitations of different approaches will be consolidated through exercises using tools or modules provided that will have to be integrated and analyzed by students. Some simple learning algorithms will be introduced to illustrate several challenges.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino segue um modelo de uma aula teórica e de uma aula prática por semana, com duas horas cada. As aulas teóricas correspondem a uma componente expositiva de conceitos, princípios, exemplos e boas práticas, e as aulas práticas servem de contextos em que serão apresentados problemas que os alunos terão que resolver e que permitem consolidar conceitos chave da unidade curricular. Nas aulas práticas recorrer-se-á a ferramentas e módulos que serão usadas e integradas pelo aluno.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology follows a model of one theoretical classes and one practical classes, with two hours each. Theoretical classes correspond to an expository component of concepts, principles, examples and good practices, and the practical classes serve as contexts in which problems will be presented that students will have to solve and that allow to consolidate key concepts of the curricular unit. In the practical classes will resort to tools and modules that will be used and integrated by the student.

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

O método de ensino adoptado procura envolver os alunos no processo de aprendizagem e levar ao desenvolvimento de competências técnicas e de natureza pessoal e sistémica. Em particular, adopta-se uma abordagem constructivista, criando a motivação e o contexto para que o aluno possa compreender as diferentes metodologias e tecnologias, os seus limites e contextos de aplicação.

Os tipos de aulas em que a unidade curricular está estruturada são os clássicos, validados historicamente e perfeitamente adequados aos objectivos da unidade curricular. Os conceitos são primeiramente apresentados nas aulas teóricas, onde os mesmos são discutidos de forma interactiva e exercitados brevemente. Nas aulas práticas laboratoriais são consolidados por recurso a projectos direccionados e preparados para ilustrarem alguns conceitos chave.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The teaching method adopted seeks to involve students in the learning process and lead to the development of technical skills and of a personal and systemic nature. In particular, a constructivist approach is adopted, creating the motivation and the context so that the student can understand the different methodologies and technologies, their limits and application contexts. The types of classes in which the curricular unit is structured are the classics, historically validated and perfectly adapted to the objectives of the curricular unit. The concepts are first presented in theoretical classes, where they are discussed interactively and briefly. In the practical laboratory classes are consolidated by means of projects directed and prepared to illustrate some key concepts.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

João Moreira, Andre Carvalho, Tomás Horvath, A General Introduction to Data Analytics, 1st Edition, Wiley (2019)

Wes McKinney, Python for Data Analysis, O'Reilly Media, Inc, USA (2018)

Mapa IV - Álgebra Linear Numérica e Cálculo Científico

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Álgebra Linear Numérica e Cálculo Científico**4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Linear Algebra and Scientific Computing*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****MAT*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral/Semiannual*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****162*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****TP-60*****4.4.1.6. ECTS:*****6*****4.4.1.7. Observações:*****<sem resposta>*****4.4.1.7. Observations:*****<no answer>*****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****Adérito Luís Martins Araújo*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****<sem resposta>*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Este curso pretende dar uma visão geral da álgebra linear numérica e do cálculo científico. O curso inclui o estudo das principais noções teóricas e algoritmos usados na aproximação de funções, no cálculo de integrais e na resolução de sistemas lineares, problemas de mínimos quadrados, problemas de valores próprios. Também serão consideradas as questões de estabilidade e precisão e abordados alguns problemas que surgem na computação de alto desempenho. As principais competências a desenvolver são: capacidade de análise e síntese; competência em comunicação oral e escrita; competência para resolver problemas; competência em trabalho num contexto internacional; competência em aprendizagem autónoma; adaptabilidade a novas situações; criatividade; competência em investigar; espírito crítico.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****This course gives an overview of numerical linear algebra and scientific computing. The course includes the main theoretical notions and algorithms used in the***

approximation of functions, in the numerical integration and in the matrix computations for solving linear systems, linear least squares problems or eigenvalue problems. It also addresses the issue of stability and accuracy in scientific computing and some challenges encountered in high-performance computing with the advent of new computer architectures.

The main competencies to be developed are: capacity for analysis and synthesis; competence in oral and written communication; problem-solving; competence in working in an international context; autonomous learning; adaptability to new situations; creativity; competence to investigate; critical thinking.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução. Fundamentos da análise matricial e da computação científica. Normas. Classes de matrizes. Decomposição em valores singulares. O ambiente MATLAB.*
2. *Aproximação de funções e dados. Interpolação polinomial e trigonométrica e FFT. Aproximação por funções “spline”. O método dos mínimos quadrados.*
3. *Integração numérica. Fórmulas do ponto médio, trapézios e Simpson. Fórmulas interpolatórias.*
4. *Sistemas lineares. Complexidade. Factorizações LU e de Cholesky. Condicionamento e número de condição. Factorização QR. Condicionamento dos algoritmos dos mínimos quadrados. Factorizações incompletas e não negativas. Esparsidade e estrutura. Métodos iterativos; Gauss-Seidel e SOR; gradientes conjugados. Precondicionamento.*
5. *Valores próprios e valores singulares. Quociente de Rayleigh. Algoritmo QR “shifts”. Algoritmos para decomposição em valores singulares.*
6. *Introdução à computação de alto desempenho*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction. Foundations of matrix analysis and scientific computing. Norms. Classes of matrices. Singular value decomposition. The MATLAB environment.*
2. *Approximation of functions and data. Polynomial and trigonometric interpolation and FFT. Approximation by splines. The least square method.*
3. *Numerical integration. Midpoint, trapezoidal and Simpson formulae. Interpolatory quadratures.*
4. *Linear systems. Linear systems and complexity. LU and Cholesky factorization. Conditioning and condition numbers. QR factorization. Conditioning of least squares algorithms. Incomplete and nonnegative factorizations. Exploring sparsity and structure. Iterative Methods; Gauss-Seidel and SOR; conjugate gradient. Preconditioning.*
5. *Eigenvalues and singular values. Rayleigh quotient. QR algorithm with shifts. Algorithms for the singular value decomposition.*
6. *Introduction to high-performance computing.*

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

Os tópicos desenvolvidos na unidade curricular constituem o núcleo fundamental do Cálculo Científico e da Álgebra Linear Numérica. Os conteúdos programáticos estão divididos em sete capítulos. A finalidade do capítulo introdutório é rever alguns conceitos fundamentais necessários. Os outros seis capítulos abordam todos os tópicos referidos nos objectivos da unidade curricular, focando nas principais noções computacionais e nos algoritmos.

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

The topics developed in this curricular unit set the fundamental core of Scientific Computing and Numerical Linear Algebra. The programmatic contents are divided into seven chapters. The purpose of the introductory chapter is to review some fundamental concepts needed. The other six chapters address all the topics mentioned in the unit’s objectives, focusing the main computational aspects notions and algorithms.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Métodos de ensino:

As aulas teórico-práticas são de consolidação de conceitos e de resolução de problemas, com a participação ativa dos alunos. Algumas dessas aulas são dadas no laboratório de cálculo com vista à resolução de problemas que envolvem programação algorítmica.

Método de avaliação:

Resolução de problemas: 40%

Exame: 60%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching methodology:

In the theoretical and practical classes the students actively solve problems. The aim of these classes is to consolidate concepts and results taught in the theoretical classes. Some practical classes take place in the Calculus Laboratory to program computational methods.

Evaluation:

Problems solving: 40%

Final exam: 60%

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

A estratégia e o método de ensino adoptado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas. Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas e nos exercícios resolvidos nas aulas teórico-práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. A realização de pequenos projetos e resolução de problemas, a interpretação dos resultados e a escrita de relatórios, em algumas aulas, criam as condições para que os alunos adquiram competências em aprendizagem autónoma e em comunicação escrita.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.

With the knowledge and comprehension of the matters taught and exercises solved in the theoretical-practical classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis. The implementation of small projects and problem resolution, the interpretation of the results and the writing up of test reports, in some classes, build up in the student competencies in autonomous learning and written communication.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

H. Pina, Métodos Numéricos, McGraw-Hill, 1995.

R. Kress, Numerical Analysis, Springer, 1997.

A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Numerical Mathematics 2nd edition, Springer, 2007.

A. Quarteroni, F. Saleri, Cálculo científico com MATLAB e Octave, Springer, 2007.

L.N. Trefethen, D. Bau, Numerical Linear Algebra, SIAM, 1997.

G.H. Golub, C.F. Van Loan, Matrix Computations 4th edition, John Hopkins University Press, 2013.

Mapa IV - Programação Orientada a Objectos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Programação Orientada a Objectos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Object Oriented Programming

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual**4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****TP-60; O-2****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Marília Pascoal Curado****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Esta unidade curricular visa dar aos alunos conhecimentos em Programação Orientada aos Objetos. Serão abordadas técnicas de modelação, análise e desenvolvimento de aplicações seguindo o paradigma de programação orientado a objetos. A linguagem de programação utilizada será o Java, uma vez que se trata de uma linguagem dominante em termos de orientação aos objetos, sendo também adequada ao ensino deste paradigma. Após a conclusão bem sucedida desta unidade curricular, o estudante deverá estar preparado para modelar problemas de acordo com o paradigma da orientação a objetos e desenvolver aplicações em Java seguindo as boas práticas da programação orientada a objetos, nomeadamente, encapsulamento, herança e polimorfismo, e também o tratamento de erros.

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

This course aims to give the students knowledge in Object Oriented Programming. The course will address techniques of modeling, analysis, and development of applications following the object-oriented programming paradigm. The programming language used will be Java, since it is a dominant language in terms of object orientation, and it is also suitable for teaching this paradigm.

Upon the successful completion of this course, the student should be prepared to model problems according to the object-oriented paradigm and develop applications in Java following good practices of object-oriented programming, namely, encapsulation, inheritance, and polymorphism, as well as error handling.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1 - Introdução****2 - Classes e objetos****3 - Conceitos elementares de Java**

- 3.1 - *Variáveis e operadores*
- 3.2 - *Expressões, instruções e blocos*
- 3.3 - *Controlo de fluxo*
- 3.4 - *Métodos*
- 4 - *Classes fundamentais de Java*
- 4.1 - *Entrada e saída de dados*
- 4.2 - *Representação de números*
- 4.3 - *Representação de cadeias de caracteres*
- 5 - *Conceitos de programação orientada a objetos*
- 5.1 - *Encapsulamento*
- 5.2 - *Herança*
- 5.3 - *Polimorfismo*
- 6 - *Desenvolvimento de aplicações*
- 6.1 - *Modelação*
- 6.2 - *Interfaces*
- 6.3 - *Coleções*
- 6.4 - *Gestão de erros e exceções*

4.4.5. Syllabus:

- 1 - *Introduction*
- 2 - *Classes and objects*
- 3 - *Basic Java concepts*
- 3.1 - *Variables and operators*
- 3.2 - *Expressions, instructions and blocks*
- 3.3 - *Flow control*
- 3.4 - *Methods*
- 4 - *Fundamental Java classes*
- 4.1 - *Basic input and output*
- 4.2 - *Number representation*
- 4.3 - *String representation*
- 5 - *Object oriented programming concepts*
- 5.1 - *Encapsulation*
- 5.2 - *Inheritance*
- 5.3 - *Polymorphism*
- 6 - *Application development*
- 6.1 - *Modelling*
- 6.2 - *Interfaces*
- 6.3 - *Collections*
- 6.4 - *Error management and exceptions*

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

Os conteúdos da unidade curricular foram desenhados de forma a atribuir competências sólidas na modelação e programação orientados a objetos. A abordagem seguida assenta, numa primeira fase, na introdução com base em exemplos dos conceitos de classes e objetos. De seguida é realizada a introdução à linguagem Java que acompanhará o desenvolvimento da aprendizagem de programação orientada a objetos, incluindo encapsulamento, herança e polimorfismo. As competências de desenvolvimento de aplicações são consolidadas com modelação baseada em diagramas de classe e componentes de programação mais avançadas, como as interfaces e coleções. O tratamento de erros em Java completa os conteúdos, contribuindo para as competências de desenvolvimento de aplicações robustas.

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

The contents of the course were designed in such a way as to assign solid competencies in object-oriented modeling and programming. The approach followed starts with the use of examples to introduce the concepts of classes and objects. Next, the Java language is introduced, and it will be used for learning object-oriented programming, including encapsulation, inheritance and polymorphism. Application development competencies are consolidated with modeling based on class diagrams and more advanced programming components, such as interfaces and collections. Error handling in Java completes the course contents, contributing to robust application development competencies.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino segue um modelo de duas aulas teórico-práticas por semana, com duas horas cada. As aulas combinam uma componente expositiva de conceitos, princípios, exemplos e boas práticas, com uma componente prática, em que os alunos aplicam os conhecimentos na realização de exercícios de modelação e programação.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology follows a model of two theoretical-practical classes per week, with two hours each. The classes combine an expository component including concepts, principles, examples and good practices, with a practical component in which students apply the knowledge in modeling and programming exercises.

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

O método de ensino adoptado procura envolver os alunos no processo de aprendizagem e levar ao desenvolvimento de competências técnicas e de natureza pessoal e sistémica. Com o conhecimento e a compreensão dos conteúdos abordados e a sua aplicação tanto nas aulas teórico-práticas como na realização do projeto, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. A realização do projeto e a documentação requerida criam condições para que os alunos adquiram competências em aprendizagem autónoma e em comunicação escrita. O fato de ser realizado em grupo, contribui também para consolidar a capacidade de trabalho em equipa, planeamento e argumentação.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The teaching method adopted seeks to involve students in the learning process and lead to the development of technical skills and of a personal and systemic nature. With the knowledge and understanding of the material taught and practical exercises solved in the classes and in the project, conditions are created for the development of skills in problem solving, in critical thinking, in applying theoretical knowledge in practice and, in a more advanced level, of analysis and synthesis, creativity and independent learning. The completion of the project and the required documentation create the conditions for students to acquire autonomous learning and written communication skills. The fact that the project is carried out in a group, also contributes to consolidate the capacity of teamwork, planning and argumentation.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Java 8 - POO + Construções Funcionais", F. Mário Martins, FCA Editora, ISBN: 978-972-722-838-6, 2017

"Fundamentos de Programação em Java", A. J. Mendes e M. J. Marcelino, FCA Editora, ISBN: 978-972-722-637-5, 2012

"Core Java Volume I--Fundamentals (11th Edition)", Cay Horstman, Pearson Editors, ISBN: 978-0135166307, 2018

"The Java Tutorials", <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/index.html>

Mapa IV - Otimização Contínua

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Otimização Contínua

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Continuous Optimization

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MAT

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-60

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

João Gouveia

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

Este curso oferece uma introdução aos fundamentos da otimização contínua, partindo da programação linear e cobrindo de seguida a teoria básica e os métodos mais usuais da otimização não linear com e sem restrições. Ao longo de todo o curso será dado particular ênfase às aplicações concretas à ciência dos dados, que servirão para ilustrar os métodos introduzidos.

Este curso pretende desenvolver uma sólida base matemática sobre a qual possa ser mais tarde desenvolvida com segurança a componente mais aplicacional, nomeadamente no campo da aprendizagem automática.

No final deste curso o aluno deve conhecer e compreender os algoritmos mais importantes de otimização contínua, ser capaz de modelar e resolver problemas de otimização e ter a capacidade de implementar autonomamente versões elementares dos mesmos.

As competências a desenvolver serão a modelação, o espírito crítico, a capacidade analítica e a capacidade de resolução de problemas.

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

This course offers an introduction to the foundations of continuous optimization, starting from linear programming and going through the basic theory and the most common methods in nonlinear programming with and without restrictions. Over the duration of the course, special emphasis will be given to applications to

data science, that will illustrate the methods that will be covered.

This course intends to develop a solid mathematical basis over which a more applicational component can later be securely developed, namely in the field of machine learning.

By the end of the course the student should know and understand the more important algorithms in continuous optimization, be able to model and solve optimization problems and be capable of autonomously implementing elementary versions of them.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Programação linear

1.1- Formulações

1.2- Geometria convexa

1.3- Algoritmo simplex

1.4- Dualidade

2. Otimização não-linear sem restrições

2.1- Existência e unicidade de ótimos

2.2- Métodos de procura unidirecional

2.2-1. Métodos de primeira ordem

2.2-2. Métodos de segunda ordem [Newton, BFGS...]

2.3- Métodos de região de confiança

3. Otimização não-linear com restrições

3.1- Qualificação de restrições e condições necessárias e suficientes para otimalidade

3.2- Penalização quadrática

3.3- Gradiente projetado

3.4- Lagrangeano aumentado

3.5- Programação sequencial quadrática

4. Aplicações a ciência dos dados (a executar ao longo do curso). Por exemplo “compressed sensing”, mínimos quadrados não lineares, LASSO, etc.

4.4.5. Syllabus:

1. Linear programming

1.1- Formulations

1.2- Convex geometry

1.3- Simplex algorithm

1.4- Duality

2. Unconstrained nonlinear optimization

2.1- Existence and uniqueness of solutions

2.2- Line search methods

2.2-1. First order methods

2.2-2. Second order methods [Newton, BFGS...]

2.3- Trust-region methods

3. Constrained nonlinear optimization

3.1- Constraint qualification and sufficient and necessary conditions for optimality

3.2- Quadratic penalty method

3.3- Projected gradient

3.4- Augmented Lagrangean

3.5- Sequential quadratic programming

4. Data science applications (to distribute throughout the course). For example compressed sensing, nonlinear least squares, LASSO, etc.

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

Este é a organização de um curso clássico de otimização contínua, apenas com pequenas adaptações para melhor se inserir num contexto de um curso de

engenharia e ciência dos dados. O plano é introduzir a teoria e algoritmos começando do caso mais simples, programação linear, que servirá depois de motivação para o caso mais geral de programação não linear. Esse será coberto em duas fases: primeiro a otimização sem restrições e só depois o caso mais delicado da otimização com restrições.

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

This is a classic organization for a continuous optimization course, with only slight adaptations to better fit in a context of a data science and engineering degree. The plan is to introduce the theory and algorithms starting from the simplest case, linear programming, that will then serve as motivation to the more general setting of nonlinear programming. This will be covered in two phases: first unrestricted optimization and only then the more delicate case of restricted optimization.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teórico-práticas são de consolidação de conceitos e de resolução de problemas, com a participação ativa dos alunos. Poderão ser efectuados alguns pequenos trabalhos computacionais.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The aim of theoretical and practical classes is to consolidate concepts and do some problem solving with the active participation of the students. Small computational problem solving can be done.

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

A estratégia e o método de ensino adoptado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas. Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas e nos exercícios resolvidos nas aulas teórico-práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. A realização de pequenos projetos e resolução de problemas, a interpretação dos resultados e a escrita de relatórios, em algumas aulas, criam as condições para que os alunos adquiram competências em aprendizagem autónoma e em comunicação escrita.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature. With the knowledge and comprehension of the matters taught and exercises solved in the theoretical-practical classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis. The implementation of small projects and problem resolution, the interpretation of the results and the writing up of test reports, in some classes, build up in the student competencies in autonomous learning and written communication.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*D. Bertsimas, J.N. Tsitsiklis, Introduction to Linear Optimization, Athena Scientific, 1997.
M.S. Bazaraa, J.J. Jarvis, H.D. Sherali, Linear Programming and Network Flows, segunda edição, Wiley & Sons, 1990.
J. Nocedal e S. J. Wright, Numerical Optimization, segunda edição, Springer, Berlim, 2006.
M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty. Nonlinear programming: theory and algorithms. John Wiley & Sons, 2013.
S. Boyd and L. Vandenberghe. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004.
I. Griva, S. G. Nash e A. Sofer, Linear and Nonlinear Optimization, segunda edição, SIAM, Filadélfia, 2009.
S. Sra, S. Nowozin, S.J. Wright. Optimization for machine learning. Cambridge, Mass. MIT Press, 2012.
- G. Strang. Computational Science and Engineering. Wellesley-Cambridge Press, 2007.*

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Sistemas de Gestão de Dados*****4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Data Management Systems*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****INF*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral/Semiannual*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****162*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****T-30; PL-30*****4.4.1.6. ECTS:*****6*****4.4.1.7. Observações:*****<sem resposta>*****4.4.1.7. Observations:*****<no answer>*****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****Bruno Miguel Brás Cabral*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****Marco Paulo Amorim Vieira, Pedro Nuno San-Bento Furtado*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Esta unidade curricular tem por objectivo providenciar aos alunos uma visão abrangente sobre os sistemas ciberfísicos para gestão, acesso e armazenamento de dados. O aluno deverá ficar a conhecer os conceitos teóricos, técnicos e científicos em que se baseiam estes sistemas, nomeadamente, os modelos de dados, arquitetura de sistemas e software, protocolos, algoritmos, linguagens de gestão e acesso aos dados, assim como a instanciação destes conceitos em tecnologia e sistemas reais. O aluno deverá ser capaz de compreender de que forma estes conceitos são relevantes para o desenvolvimento e manutenção de sistemas de gestão de dados com elevada performance, segurança, manutenibilidade, disponibilidade e resiliência. Finalmente, o aluno será capaz de demonstrar como é que estes conhecimentos podem ser aplicados no desenvolvimento de sistemas para processamento de dados em larga escala, em ambiente distribuídos, com suporte a processos computacionais de aprendizagem e análise de dados.***

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

This course unit is designed to provide students with a comprehensive view of cyberphysical systems for managing, accessing and storing data. The student should be familiar with the theoretical, technical and scientific concepts on which these systems are based, namely, data models, systems and software architecture, protocols, algorithms, management languages and data access, as well as the instantiation of these technology concepts and real systems. The student should be able to understand how these concepts are relevant to the development and maintenance of data management systems with high performance, security, maintainability, availability and resilience. Finally, the student will be able to demonstrate how this knowledge can be applied in the development of systems for large scale data processing in a distributed environment, with support to computational processes of learning and data analysis.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Uma visão geral da tecnologia de armazenamento de dados e gestão de dados*
2. *Sistemas de Gestão de Bases de Dados Relacionais. Modelo de dados, modelo entidade-relacionamento, projeto de bases de dados, normalização e álgebra relacional.*
3. *Linguagem de Consulta Estruturada (SQL). Transações de bases de dados. OLTP.*
4. *API de mapeamento objeto-relacional. Programação de sistemas de bases de dados.*
5. *Data Warehouses. OLAP. ETL. Modelo multidimensional. Funções SQL especiais para análise de dados. Linguagem de consulta MDX.*
6. *Afinação do desempenho de bases de dados relacionais. Bases de dados em memória.*
7. *Bases de Dados Distribuídas: Clusters; Modelos de dados NoSQL e sistemas de gestão de dados.*
8. *Sistemas de gestão de dados na nuvem.*
9. *Sistemas de ficheiros; Sistemas de ficheiros de rede.*
10. *Redes de Armazenamento.*
11. *Dispositivos e Subsistemas em Redes de Armazenamento.*
12. *Virtualização de Armazenamento*
13. *Proteção de Dados, Backup e Recuperação.*
14. *Segurança de Dados.*

4.4.5. Syllabus:

1. *An Overview of Data Storage and Data Management Technology.*
2. *Relational Database Management Systems. Relational data model, entity-relationship model, relational database design, normalization and relational algebra.*
3. *Structured Query Language (SQL). Database Transactions. OLTP.*
4. *Object-Relational Mapping API. Programming database systems.*
5. *Data Warehouses. OLAP. ETL. Multidimensional model. Special SQL functions for analytics. MDX querying language.*
6. *Relational database performance tuning. In-memory Databases.*
7. *Distributed Databases: Relational Clusters; NoSQL data models and data management systems*
8. *Cloud based data management systems.*
9. *File Systems; Fundamentals of Network File Systems.*
10. *Storage Networks.*
11. *Devices and Subsystems in Storage Networks.*
12. *Storage Virtualization*
13. *Data Protection, Backup and Restore.*
14. *Data Security.*

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

Com o objetivo de providenciar ao aluno uma visão abrangente da área de gestão e armazenamento de dados, os conteúdos programáticos desta unidade curricular distribuem-se por 6 grandes tópicos: 1) Tecnologias de bases de dados; 2) Programação e desenvolvimento de software para gestão, acesso e exploração de dados; 3) Arquitetura de software de sistemas de gestão de dados; 4) Arquitetura de sistemas distribuídos de gestão de dados; 5) Tecnologia de suporte ao armazenamento e comunicação de dados; 6) Atributos de qualidade em sistemas de gestão de dados.

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

With the aim of providing the student with a comprehensive view of the area of data management and storage, the contents of this curricular unit are divided into 6 major topics: 1) Database technologies; 2) Programming and development of software for managing, accessing and exploiting data; 3) Software architecture of data management systems; 4) Distributed data management systems architecture; 5) Technology to support the storage and communication of data; 6) Quality attributes in data management systems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais.

Aulas práticas-laboratoriais em que se pretende que os alunos adquiram conhecimentos sobre ferramentas e técnicas para o desenvolvimento de sistemas com elevada dependência de dados e que, com a orientação do docente, desenvolvam um projeto prático.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes with detailed exposition, using audiovisual means, of the concepts, principles and fundamental theories.

Practical-laboratory classes in which students are expected to acquire knowledge about tools and techniques for the development of systems with high dependence on data and that, with the guidance of the teacher, develop a practical project.

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

A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas. Com os exemplos apresentados nas aulas teóricas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências para análise e síntese, resolução de problemas, decisão, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma, adaptabilidade a novas situações. O trabalho a desenvolver nas aulas PL permitirá aos alunos, explorar e exercitar pela primeira vez os temas abordados nas teóricas, obter feedback do seu desempenho, antes de os aplicarem ao projeto. Com o projeto que os alunos desenvolvem, são criadas as condições para o desenvolvimento das competências de aprendizagem autónoma, comunicação oral e escrita, assim como da capacidade de explicar soluções e descobertas a especialistas e não especialistas.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The strategy and method of teaching seek to involve students in the learning process and their personal appreciation, and thus lead to the development, in addition to specific technical competences, of generic skills, of an instrumental, personal and systemic nature. With the examples presented in the theoretical classes are created the conditions for the development of skills for analysis and synthesis, problem solving, decision, critical reasoning, autonomous learning, adaptability to new situations. The work to be developed in the PL classes will allow students to explore and exercise for the first time the topics covered in the theoretical classes, to obtain feedback on their performance, before applying them to the project. With the project that students develop, the conditions are created for the development of autonomous learning, oral and written communication skills, as well as the ability to explain solutions and discoveries to specialists and non-specialists.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Kleppmann, Martin. Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. 2018.

Somasundaram, Gnanasundaram. Information Storage and Management: Storing, Managing, and Protecting Digital Information in Classic, Virtualized, and Cloud Environments. Indianapolis: Wiley, 2012.

Mapa IV - Estatística para Ciência de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Estatística para Ciência de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Statistics for Data Science**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****MAT*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral/Semiannual*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****162*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****T-30; TP-30*****4.4.1.6. ECTS:*****6*****4.4.1.7. Observações:*****<sem resposta>*****4.4.1.7. Observations:*****<no answer>*****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****Marco Paulo Seabra dos Reis*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****<sem resposta>*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Com a conclusão bem-sucedida desta disciplina, o estudante deve estar preparado para conduzir uma análise estatística em situações envolvendo conjuntos de dados de elevada dimensão, quer em termos do número de variáveis existentes, quer do número de observações recolhidas. Esta disciplina visa transmitir os conceitos, ferramentas e métodos estatísticos multivariados necessários para descrever, modelar e fazer inferência em contextos intensivos em dados. Os métodos estão organizados em monobloco, duplo-bloco e multibloco, consoante a tipologia do problema e dos dados existentes. Os estudantes devem ser também capazes de validar os modelos desenvolvidos e tomar decisões sobre o nível de complexidade a adotar na sua construção. Devem também compreender a natureza diversa das abordagens Frequencista/Bayesiana e dos conceitos de Associação/Causalidade.

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

Upon the successful completion of this course, students should be prepared to conduct a statistical analysis in situations involving large datasets, both in terms of the number of variables and the number of observations collected. This course addresses the fundamental multivariate statistical concepts, tools and methods required to describe, model and make inferences in data-intensive contexts. The methods are organized in monoblock, double-block and multi-block, depending on the typology of the problem and the existing datasets. Students should also be able to validate developed models and make decisions about the proper level

of complexity to adopt. They should also understand the diverse nature of the Frequentist/Bayesian approaches and the difference between Association/Causality.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Parte I - Introdução

- 1. Revisões de álgebra matricial para a análise estatística multivariada.*
- 2. Distribuições de probabilidade multivariadas*
- 3. A perspetiva Bayesiana e Frequentista. Inferência e análise.*
- 4. Causalidade e associação*

Parte II – Inferência e Modelação

- 5. Inferência e teste de hipóteses para amostras multivariadas e de elevada dimensionalidade. O problema do excesso de potência.*
- 6. Modelação e análise mono-bloco (X)*
 - Análise dos Componentes Principais*
 - Análise dos Componentes Independentes*
- 7. Modelação e análise duplo-bloco (X->Y)*
 - Análise de correlação canónica*
 - Métodos para contornar o problema da colinearidade e da esparsidade*
- 8. Modelação e análise multi-bloco (X, Y,...)*
- 9. Modelos probabilísticos gráficos.*
- 10. Modelação não-linear. Kernelização.*

Parte III – Validação e Análise

- 11. Avaliação de modelos e sua seleção. Bias-variance trade-off. Análise de complexidade.*
- 12. Análise da qualidade de informação gerada num estudo empírico (InfoQ).*

4.4.5. Syllabus:

Part I - Introduction

- 1. Revisions of matrix algebra for multivariate data analysis.*
- 2. Multivariate probability distributions*
- 3. The Bayesian and Frequentist perspectives. Inference and analysis.*
- 4. Causality and association.*

Part II - Inference and Modeling

- 5. Inference and hypothesis testing for multivariate and high-dimensional samples. The problem of excessive statistical power.*
- 6. Monoblock modeling and analysis (X)*
 - Principal Components Analysis*
 - Independent Component Analysis*
- 7. Double-block modeling and analysis (X-> Y)*
 - Canonical Correlation Analysis*
 - Partial Least Squares*
 - The problem of collinearity and sparsity*
- 8. Multi-block modeling and analysis (X, Y, ...)*
- 9. Probabilistic graphical models*
- 10. Non-linear modeling. Kernelization.*

Part III - Validation and Analysis

- 11. Evaluation of models and their selection. Bias-variance trade-off. Analysis of complexity.*
- 12. Analysis of the quality of information generated in an empirical study (InfoQ).*

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

Os conteúdos da disciplina foram desenhados de forma atribuir competências na análise de grandes volumes de dados. Tal é possível através do estabelecimento de uma base sólida de conceitos de distribuições de probabilidades multivariadas e de inferência em contextos de elevada dimensionalidade, seguido do ensino de abordagens de modelação de blocos de variáveis (e não só relativas a um único conjunto de variáveis), bem como na definição ótima da complexidade dos modelos desenvolvidos. Estes conteúdos permitem aos alunos adquirir conhecimento e espírito crítico sobre a análise de dados, os quais são consolidados no capítulo final dedicado a avaliar a qualidade de informação gerada no estudo, usando uma metodologia sistemática desenvolvida para o efeito.

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

The syllabus was elaborated with the aim of developing skills for the analysis of large volumes of data. This is possible by establishing a solid conceptual basis on multivariate probability distributions and inference in high dimensional spaces, followed by teaching block-wise modeling approaches (and not only relative to a single set of variables), as well as discussing the optimal definition of models' complexity. These contents allow students to acquire knowledge and critical insights on data analysis, which are further consolidated in the final section dedicated to assess the quality of information generated in a empirical study using a systematic methodology developed for this purpose.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino é baseada numa combinação de aulas convencionais onde os temas são motivados e introduzidos, com apoio a diapositivos, software e ilustrações (aulas teóricas) e aulas demonstrativas dos conceitos e da sua implementação computacional (aulas práticas). No decurso do período de aulas, os alunos consolidam os conhecimentos com projetos realizados em grupo onde as ferramentas são aplicadas autonomamente sob supervisão do docente.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methods are based on a combination of conventional classes where the topics are motivated and introduced, with the support of slides, software and illustrations (theoretical classes) and classes demonstrating concepts and their computational implementation (practical classes). In the course of the classes' period, the students consolidate the learning outcomes with projects carried out in groups where the methods and tools are applied autonomously under the supervision of the teacher.

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

As aulas teóricas e práticas permitem transmitir o enquadramento e importância dos domínios em apreço, bem como os conhecimentos técnicos necessários para os alunos implementarem correctamente as actividades de análise de grandes volumes de dados. Os trabalhos de projecto realizados pelos alunos permitem consolidar os ensinamentos e adquirir autonomia no uso das metodologias de índole estatística e computacional para problemas de elevada dimensão. A avaliação terá uma componente decorrente dos trabalhos de grupo (~50%) e da avaliação no exame final (~50%). Esta fórmula de avaliação reflete a importância dada ao esforço individual e de grupo necessário para completar com sucesso esta disciplina, os quais assumem pesos comparáveis, indicando que será importante interagir sinergicamente em grupo, e estar dotado do background necessário para realizar estas atividades de análise de dados complexos.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The theoretical and practical lectures allow convey the framework and importance of the domains in question, as well as the technical knowledge necessary for the students to correctly implement the activities of analysis of large volumes of data. The project work carried out by the students allows them to consolidate the learning outcomes and to acquire autonomy in the use of the methodologies of statistical and computational nature for high-dimensional problems. The final grade will have a component resulting from the group work (~ 50%) and the evaluation in the final exam (~ 50%). This evaluation formula reflects the importance given to the individual and group efforts needed to successfully complete this discipline, which assume comparable weights, indicating that it will be equally important to interact synergistically in the scope of the group, and to be endowed with the necessary background to perform the activities of analyzing complex datasets.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., & Wold, S. (2001). Multi- and Megavariate Data Analysis – Principles and Applications. Umeå (Sweden): Umetrics AB.

Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2018). Applied Multivariate Statistical Analysis (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Hair, J. F., Jr., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (2018). Multivariate Data Analysis (8th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Dillon, W. R., & Goldstein, M. (1984). Multivariate Analysis - Methods and applications. New York: Wiley.

Jolliffe, I. T. (2002). Principal Component Analysis (2nd ed.). New York: Springer.

Draper, N. R., & Smith, H. (1998). Applied Regression Analysis (3rd ed.). NY: Wiley.

Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (1999). Applied Statistics and Probability for Engineers (2nd ed.). New York: Wiley.

Mapa IV - Tópicos de Inteligência Artificial

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Tópicos de Inteligência Artificial

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Topics on Artificial Intelligence

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
INF

4.4.1.3. Duração:
Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:
162

4.4.1.5. Horas de contacto:
T-30; PL-30

4.4.1.6. ECTS:
6

4.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:
<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Fernando Amilcar Bandeira Cardoso

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

Lúis Macedo, Penousal Machado, Hugo Oliveira

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

O principal objetivo desta Unidade Curricular é introduzir fundamentos de Inteligência Artificial, nas suas diversas componentes, desde a representação de conhecimento à aprendizagem, passando pelo raciocínio e processos de decisão, com vista a suportar Unidade Curriculares avançadas de cariz aplicacional ou de investigação.

Com esta Unidade Curricular pretende-se que o estudante adquira conhecimentos sobre fundamentos de Inteligência Artificial e desenvolva competências em análise e síntese, raciocínio crítico, resolução de problemas, aprendizagem autónoma, capacidade de planear e decidir.

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

The main goal of this Curricular Unit is to introduce fundamentals of Artificial Intelligence, in all different components, from knowledge representation to reasoning and decision-making, and to learning, in order to support advanced Curricular Units of applicational or research nature.

With this Curricular Unit the students are supposed to acquire knowledge on the fundamentals of Artificial Intelligence and develop skills in analysis and synthesis, critical thinking, problem solving, independent learning, ability to plan and decide.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução

a. Definição

b. Agentes, Tarefas e Ambientes

c. Estados, operadores de mudança de estado, espaço de estados

2. Agentes de Estrutura Fixa

a. Reativos

b. Procura

- Cega

- Informada

- Estocástica

- Adversarial

c. Baseados em conhecimento

- Representação do Conhecimento e Raciocínio

- Redes Semânticas, Ontologias

- Lógica

- Inferência e Raciocínio

- Web semântica / dados ligados

- Incerteza

3. Agentes de Estrutura Variável

a. Com aprendizagem

- Supervisionada

- Semi-supervisionada

- Não supervisionada

b. Adaptativos

4. Percepção e Ação

b. Visão

c. Som

- e. Processamento de língua natural*
- d. Robótica*
- 5. Agentes Autónomos e Sistemas Multi-Agentes**
 - a. Arquitetura BDI*
 - b. Engenharia de software orientada a agentes*
 - c. Abordagens inspiradas na natureza*
 - d. Comunicação do agente*
 - e. Negociação e argumentação*
 - f. Cooperação e coordenação*
 - g. Modelação e Simulação Baseada em Agente*
- 6. Planeamento**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction**
 - a. Definition*
 - b. Agents, Tasks and Environments*
 - c. States, State change operators, State Space*
- 2. Fixed-Structure Agents**
 - a. Reactive*
 - b. Search*
 - Blind*
 - Informed*
 - Stochastic*
 - Adversarial*
 - c. Knowledge Based*
 - Knowledge Representation and Reasoning*
 - Semantic Networks, Ontologies*
 - Logic*
 - Inference and Reasoning*
 - Semantic Web / Linked Data*
 - Uncertainty*
- 3. Variable-Structure Agents**
 - a. Learning*
 - Supervised*
 - Semi-supervised*
 - Non-supervised*
 - b. Adaptive*
- 4. Perception and Action**
 - b. Vision*
 - c. Sound*
 - e. Natural Language Processing*
 - d. Robotics*
- 5. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**
 - a. BDI Architecture*
 - b. Agent-oriented software engineering*
 - c. Nature inspired approaches*
 - d. Agent communication*
 - e. Negotiation and argumentation*
 - f. Cooperation and coordination*
 - g. Agent-based Modelling and Simulation*

6. Planning

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

Sendo uma unidade curricular introdutória lecionada no 1º ciclo, os seus conteúdos programáticos cobrem aspetos fundamentais da área, abrindo ao mesmo tempo o campo de conhecimento para tópicos atuais de impacto significativo tanto em áreas aplicacionais como de investigação.

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

As an introductory curricular unit taught in the 1st cycle, the syllabus covers fundamental aspects of the area, while opening the field of knowledge to current topics of significant impact both in applicational and in research areas.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas consistem na apresentação detalhada de conceitos, princípios e teorias fundamentais de Inteligência Artificial.

Nas aulas laboratoriais adota-se uma Aprendizagem Baseada em Projeto, direcionada para a aquisição de competências através da realização de um trabalho laboratorial, envolvendo três componentes: (i) análise de trabalhos de Inteligência Artificial descritos na literatura, (ii) implementação, e (iii) escrita de um artigo científico, que descreva o trabalho de implementação realizado e que poderá ser apresentado e defendido.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes will comprise detailed presentation of Artificial Intelligence concepts, principles and fundamental theories.

Practical Lab classes adopt a Project Based Learning approach, directed towards competence acquisition through the development of a laboratory work, comprising three components: (i) analysis of Artificial Intelligence works described in the literature, (ii) implementation, and (ii) writing of a scientific article, describing the lab work done, plus its presentation and defense.

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

A metodologia de aprendizagem baseada em projeto, incidindo sobre as três componentes, de análise, escrita e implementação, favorece a aquisição de competências em contexto, reforçando a motivação, sendo adequada às competências-alvo da unidade curricular. A apresentação e defesa do Projeto, assim como a Prova Escrita, desempenham também papel relevante na elaboração e no aprofundamento dos conceitos lecionados num formato de aula magistral na componente teórica, facilitando a sua apropriação.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The methodology of project-based learning, addressing the three components, analysis, writing and implementation, benefits the acquisition of competencies in context, strengthening the motivation, being appropriate to the goal competencies of this curricular unit. The presentation and defense of the Project, as well as the Written Test, play a relevant role in the elaboration and further development of the concepts taught in magistral class format in the theoretical component, promoting its appropriation.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Russell, Stuart, and Norvig, Peter. *Artificial Intelligence: a Modern Approach*, 3rd. Edition, Prentice Hall, 2010 (4th Ed. to appear in 2020).
- Wooldridge, Michael. *An introduction to MultiAgent Systems*, 2nd. Edition, John Wiley, 2009.
- Shoham, Y. & Leyton-Brown, K. 2009. *Multiagent Systems – Algorithmic game-theoretic and logical foundations*. Cambridge University Press.
- Costa, E. and Simões, A., *Inteligência Artificial: fundamentos e aplicações (3ª edição)*, FCA, 2008.
- Bonaccorso, Giuseppe and Fandango, Armando and Shanmugamani, Rajalingappaa, *Python: Advanced Guide to Artificial Intelligence: Expert machine learning systems and intelligent agents using Python*, Packt Publishing, 2018.

Mapa IV - Algoritmos e Estruturas de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Algoritmos e Estruturas de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Algorithms and Data Structures

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; TP-15; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Carlos Manuel Robalo Lisboa Bento

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

Paulo Alexandre Simões

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

Após a conclusão da unidade curricular deve demonstrar conhecimento e capacidade de compreensão nos seguintes aspectos: análise de complexidade; técnicas gerais de projecto de algoritmos; estruturas de dados e algoritmos de ordenamento (características, memória ocupada, velocidade de execução).

Aplicação de conhecimentos e compreensão: aplicação dos conhecimentos sobre análise de complexidade; reconhecimento e compreensão do carácter recursivo das várias estruturas de dados e algoritmos estudados; capacidade de análise comparativa.

Realização de julgamento/tomada de decisão: capacidade de decisão sobre as estruturas de dados e algoritmos; capacidade de decisão sobre técnicas de programação avançada.

Comunicação: reforço de competências de comunicação escrita; reforço de competências de comunicação oral na expressão de julgamento/tomada de decisão

em situações concretas.

Competências de auto-aprendizagem: aprendizagem autónoma e auto-orientada na área.

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

After conclusion of this unit, the student should exhibit knowledge and understanding on the following topics: complexity analysis; general techniques for algorithm design; data structures and sorting.

Application of knowledge and understanding: complexity analysis; understanding on the recursive nature of the various data structures and algorithms; comparative analysis.

Judgement and decision making: decision on data structures, sorting algorithms and algorithm design.

Communication skills: reinforcement on the competencies on written communication for elaboration of technical reports; oral communication of decisions in context.

Self-learning skills: self-learning and identification of credible sources.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Análise de complexidade.*
- *Técnicas gerais de projecto de algoritmos.*
- *Árvores. Árvores AVL, VP, amontoados, listas de saltos, árvores B.*
- *Grafos.*
- *Algoritmos de ordenamento: shell sort, merge sort, quick sort, radix sort, MSD, LSD.*
- *Tabelas de dispersão.*
- *Tópico seleccionado (ex. mapeamento de cadeias de caracteres)*

4.4.5. Syllabus:

- *Complexity analysis.*
- *Advanced techniques of algorithm design.*
- *Trees. AVL, VP, heaps, skip lists, B trees.*
- *Graph theory.*
- *Sorting algorithms: shell sort, merge sort, quick sort, radix sort, MSD, LSD.*
- *Hash tables.*
- *Selected topics (e.g. string matching)*

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

A unidade curricular tem três temas centrais: análise de complexidade e design de algoritmos; estruturas de dados; algoritmos de ordenamento. Tal como é visível pelos quadros anteriores, os objectivos da unidade curricular estão perfeitamente ajustados com o programa curricular definido.

Mais detalhadamente, a divisão da unidade curricular e sequenciação através dos três módulos fundamentais acima indicados corresponde numa primeira fase à aquisição de conhecimentos – análise de complexidade e design de algoritmos – que vão depois ser utilizados transversalmente nos módulos seguintes.

Os tópicos descritos são exercitados através da realização de exercícios teórico-práticos durante as aulas, programação de estruturas e algoritmos e do recurso a demonstradores disponíveis na internet que permitem realçar os impactos ao nível de complexidade espacial e temporal associados às várias estruturas de dados e algoritmos estudados e uma prova escrita no final do semestre.

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

The curricular unit is supported in three main sub-units: complexity analysis and algorithm design; data structures and sorting algorithms. As it is evident from

the previous paragraphs, the goals of the curricular unit match the curricular program for this unit.

In more detail, the division of the unit in sub-units and their sequencing corresponds in a first step to the acquisition of knowledge and skills that will be necessary for the topics of data structures and sorting.

Described topics will be exercised by way of theoretical-practical tasks to be performed in class, programming of structures and algorithms, demonstrations and end term exam.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Processo de ensino/aprendizagem suportado em aulas Teóricas e de Prática de laboratório; Demonstradores e Plataforma Mooshak.

Aulas Práticas de Laboratório de acompanhamento dos Trabalhos Práticos, e apoio à plataforma Mooshak.

Momentos de avaliação: Prova Escrita; Trabalhos Práticos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The learning process is supported on the following instruments: theoretical classes, lab classes, demonstrators of data structures and sorting, platform Mooshak for submission of programs, and exercises for reinforcement of the formative and summing evaluation.

Theoretical-practical classes and laboratory practices to follow the practical work, and support to the Mooshak platform.

Assessment moments: Written test; Practical Work.

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

Metodologias de ensino:

Os tipos de aulas em que a unidade curricular está estruturada são clássicos, validados por vários anos de prática e adequados aos objectivos da unidade curricular. Os conceitos são primeiramente apresentados nas aulas teóricas, onde os mesmos são discutidos de forma interactiva, exercitados brevemente e suportados em demonstrações. Nas aulas laboratoriais são exercitados exaustivamente.

Recursos adoptados:

Em termos de recursos, é utilizada bibliografia de referência na área.

Além das referências bibliográficas, os slides de apoio às aulas teóricas constituem uma referência importante para síntese das matérias abordadas.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

Teaching methodologies:

The types of classes in which the curricular unit is structured are classical, validated along years of practice, and matching the goals of the unit. Concepts are firstly presented in the theoretical classes where they are interactively discussed, exercised and demonstrated using various configurations on demonstrator platforms available in the web, permitting to gain sensibility to aspects like spatial and temporal complexity of the data structures and sorting algorithms under study. Lab classes are used for exercising exhaustively the topics of the unit.

Adopted resources

It is used the bibliography of reference in the area.

In complement to the bibliography the students have to their use the slides supporting the theoretical classes which constitute a reference and a synthesis on the topics of the unit.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Algorithms in C, Parts 1-5 (Bundle): Fundamentals, Data Structures, Sorting, Searching, and Graph Algorithms (3rd Edition) (Bundle) (Paperback) by Robert Sedgwick (Author)

Introduction to Algorithms (Hardcover) by Thomas H. Cormen (Author), Charles E. Leiserson (Author), Ronald L. Rivest (Author), Clifford Stein (Author)

An Introduction to the Analysis of Algorithms 1st Edition by Robert Sedgewick (Author), Philippe Flajolet (Author)

Mapa IV - Processos de Gestão e de Inovação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Processos de Gestão e de Inovação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Management and Innovation Processes

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CSDG

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

João Nuno Lopes Barata

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

A competitividade das organizações depende cada vez mais da capacidade de serem simultaneamente eficientes e inovadoras. Para tal, exige-se uma gestão com perspetiva sistémica e assente numa abordagem por processos, na qual a definição e partilha de objetivos e a capacidade de estimular a cooperação entre diferentes atores são essenciais e onde o papel e as competências do gestor são fulcrais. Nesta disciplina, os estudantes serão sensibilizados para a

importância de determinados conceitos, princípios e práticas da gestão da inovação, ao mesmo tempo que se irão familiarizar com algumas metodologias e ferramentas que permitam a sua operacionalização e implementação no terreno.

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

Today's organizations' competitiveness increasingly depends on their ability to be both efficient and innovative. This requires a type of management base on a systemic perspective and a process approach, in which the ability to define and share goals and stimulate cooperation between different actors are essential. This requires managers with specific skills and competences. In this discipline, students will be exposed to concepts, principles and practices in innovation management, and at the same time, they will become familiar with methodologies and tools to implement innovation on organizations.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A Gestão e sua evolução

a. Funções da gestão

b. Os níveis da gestão

c. As organizações e a gestão: breve perspectiva histórica e actuais tendências

2. Planeamento e Estratégia

a. Missão e objectivos

b. Gestão por objectivos

c. Planeamento estratégico

3. Comunicação Organizacional

a. Efeitos das novas tecnologias na comunicação organizacional

b. Empresa 2.0

c. "Elevator- pitch"

4. Gestão da Inovação

a. Fundamentos e actual importância da gestão da inovação

b. "Open Innovation" e redes de inovação

c. Como inovar? Construir um "business case" e estratégia para implementar novos produtos/serviços

5. Transferência de Tecnologia e Propriedade Industrial

a. Fundamentos de transferência de tecnologia

b. Propriedade Industrial

c. Gestão e licenciamento de tecnologias

4.4.5. Syllabus:

1. Management and its evolution

a. Management functions

b. The management levels

c. Organizations and management: a brief historical perspective and current trends

2. Planning and Strategy

a. Mission and objectives

b. Management by objectives

c. strategic Planning

3. Organizational Communication

a. Effects of new technologies in organizational communication

- b. enterprise 2.0**
- c. "Elevator-Pitch"**

4. Innovation Management

- a. Fundamentals and current importance of innovation management**
- b. "Open Innovation" and innovation networks**
- c. How to innovate? Building a "business case" and strategy for implementing new products / services**

5. Technology Transfer and Intellectual Property

- a. Fundamentals of technology transfer**
- b. Intellectual Property**
- c. Management and technology licensing**

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

Será dada especial ênfase aos seguintes tópicos:

- A gestão da inovação, reconhecida como essencial para a competitividade das organizações (e empresas de base tecnológica em particular);*
- O desenvolvimento de competências de planeamento, organização e trabalho em equipa, a aplicar na componente prática da disciplina, onde os alunos farão o lançamento de um produto/serviço com característica inovadoras.*

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

Particular emphasis will be given on the following topics:

- The management of innovation, recognized as essential to the competitiveness of organizations (technology-based companies in particular);*
- Skills development planning, organization and teamwork, to apply in the practical component of the course, where students will launch a product / service with innovative features.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas expositivas, recorrendo a meios audiovisuais, com apresentação dos conceitos, princípios e práticas da gestão da inovação. Existirão apresentações de convidados sobre exemplos práticos, como complemento aos conceitos estudados.

As aulas práticas consistem no acompanhamento dos alunos na realização das atividades apresentada para avaliação. Estas atividades, desenvolvidas em grupos de 5 a 7 alunos, devem demonstrar a aplicação de competências de planeamento, organização e trabalho em equipa.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures, using audiovisual media, with the presentation of concepts, principles and practices of innovation management. There will be presentations by invited guests, which will present their examples to complement the concepts studied.

Practical classes consist of monitoring the students' performance in the activities submitted for evaluation. In these activities, conducted in groups of 5 to 7 students, students must demonstrate their skills in planning, organization and teamwork.

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

As metodologias adotadas pretendem solidificar conhecimentos sobre a temática da gestão de inovação, e para tal é usado o método expositivo. Pretendem também permitir ao alunos fazer a ligação entre esses conceitos e o mundo empresarial/profissional em que vão exercer as competências adquiridas. É neste contexto que surgem os convidados profissionais, mas sobretudo, que atividade prática impõe a realização de uma atividade em contexto real, e como tal exposta a todas, ou pelo menos algumas, vicissitudes e variáveis que caracterizam os contextos profissionais. Como tal, as atividades a desenvolver nas aulas prática devem ter as seguintes características:

- 1) Demonstrar inequivocamente a aplicação de competências de planeamento, organização e trabalho em equipa.*
- 2) O objeto da atividade deve estar associado às temáticas tratadas nas aulas teóricas (gestão, inovação, tecnologias de informação e empreendedorismo, entre outras).*
- 3) Todas as propostas têm de ser validadas pelo docente*

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The methodology intends to (1) solidify the knowledge on innovation management using the expositor and (2) to let the students make the connection between these concepts and the business / professional environment where they will use acquired skills. In this context, invited guests will give testimonies that illustrate several concepts. Furthermore, practical activities allow students to perform an activity in a real context, and as such exposed to all, or at least some, vicissitudes and variables that characterize professional contexts. As such, the activities to be developed in the practical class should have the following characteristics:

1) clearly demonstrate the application of skills in planning, organization and teamwork.

2) The object of the activity should be clearly linked to the themes addressed in the theoretical classes (management, innovation, information technology and entrepreneurship,...).

3) All activities must be validated by the teacher

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Gestão das Organizações (2ª Edição), de Sebastião Teixeira
Editor: Mc Graw-Hill; ISBN: 9788448146177; 2005.*

Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change, 4th Edition

Joe Tidd, University of Sussex; John Bessant, University of Exeter Business School; ISBN: 978-0-470-99810-6, 6th Edition, 2018

The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses Erice Ries; (<http://theleanstartup.com/>), 2011

Bibliografia Adicional / Optional bibliography

Open Innovation: The New Imperative for Creating And Profiting from Technology, Henry Chesbrough, 2006

Open Services Innovation: Rethinking Your Business to Grow and Compete in a New Era, Henry Chesbrough, 2011

The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail, Clayton M. Christensen, 2013

Crossing the Chasm, Geoffrey A. Moore, 2014

Mapa IV - Sistemas Distribuídos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Sistemas Distribuídos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Distributed Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; TP-15; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Filipe João Boavida Mendonça Machado Araújo

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

A disciplina de Sistemas Distribuídos proporciona aos alunos uma abordagem abrangente sobre programação concorrente, algoritmos, protocolos e fundamentos dos sistemas distribuídos modernos. Os alunos deverão adquirir competências no desenvolvimento de aplicações concorrentes e distribuídas usando várias tecnologias e deverão ser capazes de perceber e interligar conhecimentos sobre técnicas fundamentais para o desenho de aplicações concorrentes e distribuídas em ambiente empresarial e para a Internet. A disciplina pretende promover a aquisição de competências em análise e síntese, conhecimentos de informática relativos ao âmbito do estudo, competência para resolver problemas, competência em aprendizagem autónoma e competência em aplicar na prática os conhecimentos.

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

The Distributed Systems course provides alumni with an encompassing approach on concurrent programming, algorithms, protocols and fundamentals of modern distributed systems. Students shall acquire competences on the development of concurrent and distributed applications using diverse technologies, and shall be able to understand and integrate knowledge on fundamental techniques for the design of concurrent and distributed applications in industrial settings and for the Internet. The course aims to promote competence in analysis and synthesis, knowledge in computer science regarding the subject of study, problem-solving ability, autonomous learning competence, and competence in applying knowledge in practice.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Concorrência

*** Organização de um computador**

*** Hierarquia de memória**

*** Funções de um Sistema Operativo**

*** Processos e Threads**

*** Programação concorrente e sincronização**

*** Bibliotecas de suporte à concorrência**

- Conceção de Aplicações Distribuídas

*** Introdução aos Sistemas Distribuídos**

*** Desafios no desenvolvimento de aplicações distribuídas**

- * **Modelo cliente/servidor**
- * **Programação multi-threaded com Sockets TCP e UDP**

- Middleware e Web

- * **Visão geral sobre Middleware**
- * **O modelo de RPCs**
- * **Tratamento de falhas no modelo de RPCs e semânticas dos RPCs**
- * **Programação distribuída usando Java RMI**
- * **O protocolo HTTP**
- * **Aplicações distribuídas para a Internet**
- * **Programação para a Web**
- * **Web Services**

- Serviços Distribuídos

- * **Segurança em Sistemas Distribuídos**
- * **Servidores de Nomes e de Diretoria**
- * **Sistemas de Ficheiros Distribuídos**
- * **Sincronização de relógios**
- * **Ordem causal e total**
- * **Replicação de servidores e soluções de alta disponibilidade**
- * **Sistemas Peer-to-Peer**

4.4.5. Syllabus:

- Concurrency

- * **Organization of a computer**
- * **Memory Hierarchy**
- * **Functions of an Operating System**
- * **Processes and threads**
- * **Concurrent programming and thread synchronization**
- * **Concurrent programming libraries**

- Distributed Application Design

- * **Introduction to Distributed Systems**
- * **Challenges in the development of distributed applications**
- * **The Client/Server model**
- * **Multi-threaded TCP and UDP sockets programming**

- Middleware and Web

- * **Overview of Middleware**
- * **The RPC model**
- * **Fault treatment in the RPC model and RPC semantics**
- * **Distributed programming using Java RMI**
- * **The HTTP protocol**
- * **Distributed applications for the Internet**
- * **Web programming**
- * **Web Services**

- Distributed Services

- * **Security in Distributed Systems**
- * **Naming and Directory Services**

- * *Distributed File Systems*
- * *Clock synchronization*
- * *Causal and total order*
- * *Server replication and high-availability solutions*
- * *Peer-to-peer systems*

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

Nesta UC começa-se por ensinar, numa primeira fase, tópicos básicos sobre organização de um computador, sistema operativo, processos, threads e programação concorrente, noções que servem de base à aprendizagem dos principais algoritmos e técnicas de Sistemas Distribuídos. De seguida passa-se ao ensino da programação distribuída usando várias tecnologias e modelos de programação: primeiro com sockets TCP e UDP, seguindo-se depois tecnologias de middleware e a web. Esta UC tem também como objetivo dotar os alunos de capacidades para desenvolver aplicações distribuídas com requisitos de escalabilidade, interoperabilidade, segurança e desempenho. Para tal, aborda-se o tratamento de falhas, a comunicação segura, soluções de replicação e de alto desempenho.

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

In this CU, we begin by teaching basic topics concerning the organization of a computer, operating system, processes, threads and concurrent programming. These topics serve as a basis for learning the main algorithms and techniques of Distributed Systems. The next step is to teach distributed programming using various technologies and programming models: first with TCP and UDP sockets, followed by middleware and web technologies. This CU also aims to provide students with the ability to develop distributed applications with scalability, interoperability, security, and performance requirements. For this, the CU addresses fault handling, secure communication, replication and high performance solutions.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nesta disciplina são lecionadas aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e técnicas fundamentais dos Sistemas Distribuídos, acompanhada de exemplos concebidos para despertar o interesse dos alunos pela teoria e que demonstrem a sua aplicação prática. Leciona-se também aulas práticas em que os alunos, com a orientação do docente, resolvem exercícios que exigem a conjugação de conceitos teóricos e promovem o raciocínio crítico face a questões mais complexas. As aulas práticas são ainda dedicadas a acompanhar os trabalhos práticos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This course includes theoretical lectures with detailed exposition, using visual aids, of concepts, principles and fundamental techniques of Distributed Systems, accompanied by examples designed to increase students' interest in theoretical concepts and demonstrate their practical application. The course also includes practical classes in which students, with the guidance of the teacher, solve exercises that require combining theoretical concepts and promote critical thinking with respect to more complex problems. The practical classes are also dedicated to supporting the practical projects.

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

A estratégia e o método de ensino adotados procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem, levando não só ao desenvolvimento de competências técnicas específicas à disciplina de Sistemas Distribuídos mas também ao desenvolvimento de competências pessoais genéricas.

Com a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática trabalhados nas aulas práticas cria-se as condições para o desenvolvimento de conhecimentos relativos ao âmbito do estudo, competências em análise e síntese e competência em aplicar na prática os conhecimentos adquiridos.

Com os trabalhos práticos de grupo que os alunos desenvolvem cria-se as condições para a aplicação prática dos conceitos teóricos, sendo os alunos guiados na aquisição de competências no desenvolvimento de aplicações distribuídas usando diversas tecnologias. Os trabalhos práticos desenvolvem também a capacidade de resolver problemas bem como a competência de aprendizagem autónoma.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The strategy and teaching methods adopted in this course seek to involve students in the learning process, leading not only to the development of technical

skills specific to the Distributed Systems course but also to the development of generic personal skills.

With the knowledge of the materials taught during the theoretical lectures, and with the practical exercises solved in practical classes, the necessary conditions are created for students to develop knowledge in computer science regarding the subject of study, competence in analysis and synthesis, and competence in applying knowledge in practical settings.

With the group project, the necessary conditions are created for practical application of theoretical concepts, as the students are guided in acquiring skills in the development of distributed applications using various technologies. The practical project also creates the conditions to develop problem-solving skills and competence in independent learning.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Distributed Systems: Concepts and Design, 5th edition, G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg, G. Blair, Pearson Education, 2011.*

Bibliografia suplementar | Supplemental bibliography:

- *Operating System Concepts: 8th Edition, by Abraham Silberschatz, Peter Baer Galvin, Greg Gagne. John Wiley & Sons, ISBN 9780470233993, 2008*

- *Distributed Systems: Principles and Paradigms, A. S. Tanenbaum, M. van Steen, Prentice Hall, 2001..*

Mapa IV - Aprendizagem Computacional

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Aprendizagem Computacional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Machine Learning

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Ernesto Jorge Fernandes Costa

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

António Dourado, Bernardete Ribeiro, Jorge Henriques, Penousal Machado

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

Pretende-se introduzir os algoritmos aprendizagem computacional fundamentais, acompanhados da discussão dos princípios e da matemática subjacente. No final pretende-se que o aluno seja capaz de identificar, avaliar e validar experimental e formalmente, a melhor solução algorítmica para uma tarefa particular. Compreender o tipo de problemas do mundo de hoje que os algoritmos de aprendizagem computacional conseguem resolver. Entender as diferenças fundamentais entre os algoritmos de aprendizagem computacional e os algoritmos tradicionais. Compreender o papel dos humanos no desenvolvimento de soluções de AC efectivas. O estudante irá ter uma visão larga de outros tipos de aprendizagem e uma ideia geral das abordagens recentes em aprendizagem computacional. Para além disso, através das várias actividades propostas ao longo do curso, o estudante aprofunda um conjunto de outras competências, nomeadamente de comunicação oral e escrita, de argumentação, pensamento crítico e de trabalho em grupo

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

We want to introduce the core machine learning algorithms, the principles and the mathematics behind them, and expect that the student at the end of the course will be able to identify the best algorithm(s) for a particular task, evaluate and validate its choice both experimentally and formally. Understand the types of problems that machine learning algorithms can solve today. Understand how ML algorithms are different from traditional programming algorithms. Understand the role of humans in the development of effective ML solutions. Students will also gain a broad view about other types of machine learning, together with a general idea about the most recent approaches in machine learning. Moreover, it is expected that, as a result of the several activities that will be proposed to the students, they will acquire and deepen a set of other competences, namely oral and written communication skills, arguing skills, critical reasoning skills and group work skills.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução: tipos de aprendizagem, tarefas e dados**
- 2. Aprendizagem Supervisionada: regressão e classificação**
- 3. Aprendizagem Não Supervisionada: Agrupamento e Associação**
- 4. Métricas de Desempenho**
- 5. Aspectos complementares: aprendizagem semi-supervisionada, aprendizagem por reforço, aprendizagem de conceitos, aprendizagem vaga, conjuntos, aprendizagem profunda.**
- 6. Aprendizagem Computacional para Grandes Dados**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction: types of learning, tasks and data**
- 2. Supervised Learning: regression, classification**
- 3. Unsupervised Learning: clustering, association analysis**
- 4. Performance Metrics**
- 5. Complements: semi-supervised learning, reinforcement learning, concept learning, fuzzy learning, ensembles, deep-learning**
- 6. Machine Learning for Big Data**

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

O programa destina-se a introduzir os estudantes nos conceitos, técnicas e algoritmos fundamentais de aprendizagem computacional que foram desenvolvidos nos últimos anos. Está organizado usando o conceito de tipos de aprendizagem como ideia estruturante. No interior de cada tipo de aprendizagem usamos os problemas e, no interior de de cada classe de problema, discutimos os algoritmos. Teremos assim um tópico de aprendizagem supervisionada e os problemas de regressão e de classificação. De seguida apresentamos a aprendizagem não supervisionada e os problemas de agrupamento e de regras de associação. Haverá ainda tempo para apresentar de modo genérico outros tipos de aprendizagem a aprofundar em cadeiras futuras. Não poderíamos deixar de estudar os diferentes modos de avaliar o desempenho dos algoritmos e de discutir os problemas de escala quando se manipulam grandes volumes de dados.

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

The main goal of the course is to introduce the students to the concepts, the techniques and the algorithms of machine learning that have been developed in the last years. It is organized using the concept of types of learning. For each type we divide the presentation based on the class of problems faced by that type of learning. Finally, at the end, for each type of learning and each class of problem we will discuss the different classical algorithms that have been proposed so far. So we will study algorithms for regression and classification that rely on supervised learning. Then we will deal with the algorithms for clustering and association analysis based on unsupervised learning. We will pursue with the brief presentation of other types of learning which will be dealt with in future courses. Performance metrics will also be studied as well as the problems related with machine learning algorithms for big data.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas T: apresentação e discussão dos conceitos, técnicas e algoritmos de aprendizagem computacional. Na PL, o aluno exercita em computador o uso dos algoritmos de aprendizagem computacional na resolução de problemas de complexidade média, efectuando simulações eventualmente por recurso a ferramentas. Este trabalho é feito em grupo, na aula PL, com a monitorização do professor. Esta componente pesa na avaliação final (10%). Realização, fora das aulas, de um projecto com entrega de um relatório e defesa pública (30% da nota final). Exame escrito com peso de 60%.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures: introduction and discussion of the concepts, techniques and algorithms of machine learning. Labs: using tools to implement and apply machine learning algorithms to medium complexity problems. This is a group work to be done at the lab classes under the supervision of the professor. Count 10% of the final grade. A practical project implying the use of ML algorithms for a concrete problem (30% of the final grade). A report and the code are mandatory, and there will be a public defense of the work. Written exam (60% of the final grade).

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

Pretende-se introduzir os algoritmos aprendizagem computacional fundamentais, acompanhados da discussão dos princípios e da matemática subjacente. No final pretende-se que o/a aluno/a seja capaz de identificar e validar experimental e formalmente a melhor solução algorítmicas para uma tarefa particular. Assim as aulas teóricas servirão para a exposição dos algoritmos e dos princípios teóricos por detrás de cada um, enquanto nas práticas laboratoriais os estudantes terão a oportunidade de implementar e validar formalmente diferentes soluções para problemas concretos de aprendizagem, recorrendo eventualmente, a ferramentas computacionais. uma parte deste trabalho será usado para a definição da nota final (10%). O projecto prático (30%), a realizar fora das aulas, testará as capacidades práticas e teóricas dos estudantes. Finalmente, o exame escrito (60%) permite testar, numa base individual, as competências científicas e técnicas de cada estudante.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

We want to introduce the core machine learning algorithms, the principles and the mathematics behind them, and expect that the student at the end of the course will be able to identify the best algorithm(s) for a particular task and validate its choice both experimentally and formally. So, the lectures will be used to present the main theoretical principles behind each algorithm, while the practical labs will empower the students with the capacity to solve hard learning problems and make them familiar with the use of tools for the implementation and the analysis of the performance of the solution(s). Part of this work will be used to define the final grade of the student. A practical project (30%) to be done outside the classes will be the occasion for the student to show his/her theoretical and practical skills. Finally, the written exam (60%), each student individually will demonstrate his/her competence on the domain of machine learning algorithms.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Peter Flach, Machine Learning: the art and science of algorithms that make sense of data, Cambridge University Press, 2012.*
- *Trevor Hastie, Robert Tibshirani and Jerome Friedman, The Elements of Statistical Learning (2nd Edition), Springer, 2008.*
- *Introduction to Machine Learning with Python, Andreas C. Muller and Sarah Guido, O'Reilly, 2017.*
- *João Gama et alii, Extração de Conhecimento de Dados, Edições Sílabo, 2012.*

Mapa IV - Sistemas e Redes de Sensorização e Atuação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas e Redes de Sensorização e Atuação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Sensing and Actuation Networks and Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Marília Pascoal Curado

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

Esta unidade curricular visa dar aos alunos conhecimentos sobre os sistemas de sensorização e atuação existentes, compreendendo todas as suas componentes, desde os dispositivos terminais, passando pela comunicação na rede, plataformas integradoras e aspetos avançados relacionados com o desempenho e eficiência energética. Após a conclusão bem sucedida desta unidade curricular, o estudante deverá conhecer os sistemas de sensorização e atuação existentes, compreender o funcionamento das tecnologias e protocolos de comunicação e das plataformas envolvidas, assim como perceber os desafios de desempenho destes sistemas. O estudante deve também demonstrar competências na análise crítica das várias componentes dos sistemas de sensorização e atuação e o impacto que têm na geração e processamento de dados.

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

This course aims to give students knowledge about the existing sensing and actuation systems, comprising all the components, from the terminal devices, through the communication in the network, integrating platforms and advanced aspects related to performance and energy efficiency. Upon successful completion of this course, the student should know existing sensing and actuation systems, understand the operation of communication technologies and protocols and the platforms involved, as well as perceive the performance challenges of these systems. The student should also demonstrate competencies in the critical analysis of the various components of sensing and actuation systems and their impact on data generation and processing.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1 - Introdução a sistemas de sensorização e atuação

1.1 - Internet das Coisas

1.2 - Sistemas Ciberfísicos

1.3 - Indústria 4.0

1.4 - Cidades Inteligentes

2 - Dispositivos de sensorização e atuação

2.1 - Sensores e atuadores

2.2 - Aquisição de dados e controlo de atuadores

2.3 - Sistemas operativos para sensorização e atuação

3 - Redes de sensorização e atuação

3.1 - Arquiteturas de rede

3.2 - Comunicações sem fios

3.3 - Redes de acesso e de núcleo

4 - Plataformas de middleware

4.1 - Descoberta e gestão de dispositivos

4.2 - Gestão de identidades

4.3 - Recolha de dados

4.4 - Modelos de processamento de dados

5 - Desempenho e eficiência energética

5.1 - Qualidade de sensorização

5.2 - Gestão de grupos e agregação de dados

5.3 - Modelos de energia

5.4 - Avaliação de desempenho

4.4.5. Syllabus:

1 - Introduction to sensing and actuation systems

1.1 - Internet of Things

1.2 - Cyber-Physical Systems

1.3 - Industry 4.0

1.4 - Smart Cities

2 - Sensing and actuation devices

2.1 - Sensors and actuators

2.2 - Sensing data acquisition and actuators controls

2.3 - Sensing and actuation operating systems

3 - Sensing and actuation networks

3.1 - Network architectures

3.2 - Wireless communications

3.3 - Core and access networks

4 - Middleware platforms

4.1 - Device discovery and management

4.2 - Identity management

4.3 - Data collection

4.4 - Data processing models

5 - Performance and energy efficiency

5.1 - Quality of sensing

5.2 - Clustering and data aggregation

5.3 - Energy storage and harvesting

5.4 - Performance evaluation

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

Os conteúdos da unidade curricular foram desenhados de forma a atribuir competências relevantes para estudantes de Engenharia e Ciência de Dados na perspetiva dos sistemas de sensorização e atuação. A abordagem seguida assenta no ensino dos conceitos fundamentais destes sistemas, motivada pela apresentação de casos de uso e plataformas existentes. A descrição e análise dos componentes dos sistemas de sensorização e atuação, em conjunto com a forma como se interligam e comunicam, permitem aos estudantes ter um conhecimento global destes sistemas e do seu funcionamento, em conjunto com os aspetos de desempenho críticos.

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

The contents of the course were designed to assign relevant competences to students of Engineering and Data Science in the perspective of the sensing and actuation systems. The approach followed is based on the teaching of the fundamental concepts of these systems, motivated by the presentation of use cases and existing platforms. The description and analysis of the components of the sensor and actuation systems, together with the way they interconnect and communicate, allow students to have a global understanding of these systems and their operation, together with the critical performance aspects.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino é baseada numa combinação de aulas teóricas de exposição dos conteúdos, onde os temas são motivados e introduzidos com apoio a diapositivos e com apresentação de exemplos, e aulas práticas com demonstrações, realização de exercícios práticos, familiarização com ferramentas e acompanhamento da realização do projeto.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology is based on a combination of theoretical classes, where themes are motivated and introduced with slide support and presentation of examples, and practical classes with demonstrations, practical exercises, familiarization with tools and support to project realization.

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

O método de ensino adoptado procura envolver os alunos no processo de aprendizagem e levar ao desenvolvimento de competências técnicas e de natureza pessoal e sistémica. Com o conhecimento e a compreensão dos conteúdos abordados nas aulas teóricas e a sua aplicação nas aulas práticas e na realização do projeto, estão criadas as condições para o desenvolvimento de competências em sistemas e redes de sensorização e atuação, de raciocínio crítico e, num nível mais avançado, de competências de análise e síntese. A realização do projeto e a documentação requerida criam condições para que os alunos adquiram capacidades de aprendizagem autónoma e em comunicação escrita. O fato de ser realizado em grupo, contribui também para consolidar a capacidade de trabalho em equipa, planeamento e argumentação.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The teaching method adopted seeks to involve students in the learning process and lead to the development of technical skills and of a personal and systemic nature. With the knowledge and understanding of the material taught in theoretical classes and its application in practical classes and in the project, conditions are created for the development of skills in sensing and actuating systems and networks, in critical thinking, in applying theoretical knowledge in practice and, at a more advanced level, of analysis and synthesis, creativity and independent learning. The completion of the project and the required documentation create the conditions for students to acquire autonomous learning and written communication skills. The fact that the project is carried out in a group, also contributes to consolidate the capacity of teamwork, planning and argumentation.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Internet of Things (IoT): Systems and Applications", Jamil Y. Khan, Mehmet R. Yuces, ISBN 9789814800297, 2019

"Internet of Things: Principles and Paradigms", Rajkumar Buyya (Editor), Amir Vahid Dastjerdi (Editor), ISBN 978-0128053959, Morgan Kaufmann, 2016

Mapa IV - Análise e Transformação de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise e Transformação de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Analysis and Transformation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-30; PL-30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Fernando Perdigão

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

Vítor Manuel Mendes da Silva, Marco Alexandre Cravo Gomes

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

Adquirir os fundamentos da teoria do sinal em tempo discreto. Compreender a representação de sinais discretos no domínio da frequência. Compreender a relação entre sinais contínuos no tempo e a sua representação discreta (amostragem). Caracterizar sinais e sistemas em termos da transformada de z. Aprender as principais técnicas de projeto de filtros digitais FIR e IIR e utilizá-las em experiências de laboratório com sinais 1D.

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

To provide students with the main concepts and principles of discrete-time signals. To understand the representation of discrete signals in the frequency domain. To understand the relationship between continuous-time signals and their representation in discrete-time by performing sampling. Characterize signals and systems in terms of z-transform. To learn the main techniques of digital filters projects, IIR and FIR and use them in lab experiments with 1D signals.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Sinais periódicos e Série de Fourier complexa em tempo discreto*
- 2. Transformada de Fourier em tempo discreto (DTFT)*
- 3. Transformada Discreta de Fourier (DFT)*
- 4. Amostragem de sinais contínuos no tempo*
- 5. Amostragem de sequências - decimação, expansão e interpolação*
- 6. Transformada de z de sinais e sistemas discretos no tempo*
- 7. Projeto de filtros em tempo discreto, IIR e FIR*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Discrete time complex Fourier series of periodic signals*
- 2. Discrete time Fourier transform (DTFT)*
- 3. Discrete Fourier transform (DFT)*
- 4. Sampling of continuous-time signals*
- 5. Sampling of sequences - decimation, expansion and interpolation*
- 6. Z-transform for discrete-time signals and systems*
- 7. Design of discrete-time filters - IIR and FIR*

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

Os primeiros 3 tópicos permitem o estabelecimento dos fundamentos da teoria do sinal em tempo discreto, pois tratam da representação de sinais discretos no domínio da frequência. O 4º tópico trata da relação entre sinais contínuos no tempo e a sua representação discreta - o teorema da amostragem. O 5º tópico permite a análise multirritmo de sinais. O 6º tópico é fundamental para a análise de sinais e sistemas em tempo discreto. O último tópico permite a aprendizagem das principais técnicas de projeto de filtros digitais e a sua aplicação a casos concretos.

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

The first 3 topics deal with the main concepts and principles of signals in discrete time and their representation in the frequency domain. The 4th topic deals with the relationship between continuous-time and discrete-time signals (sampling theorem) where the discrete-time signals are obtained through periodic sampling of continuous-time signals. The 5th topic deals with multirate signals. The 6th topic deals with the main techniques regarding digital filter projects and their use in lab experiments.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas com exposição da matéria e aulas laboratoriais com trabalhos computacionais. As aulas teórico-práticas recorrem a meios audiovisuais para a exposição dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução de exercícios de aplicação prática. Nas aulas laboratoriais são feitos trabalhos computacionais de aplicação prática dos conceitos expostos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology consists of theoretical-practical classes where the main concepts, principles and fundamental theories regarding signal processing are taught, and laboratory classes where the concepts are experimented with computational assignments.

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

A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e assim levar ao desenvolvimento de competências técnicas específicas na área do processamento de sinal. Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas e os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas e em aplicar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The teaching strategy and methodology aim at engaging the student in the learning process and lead to the development of technical competencies in the subject of signal processing. The knowledge and understanding of the matters taught in the theoretical-practical classes, along with solving exercises with practical applications, will allow for the development of competencies in problem solving and the application of the theoretical knowledge to practical situations.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Alan Oppenheim, Allan Willsky, Signal and Systems, Prentice Hall, 2nd edition, 1997.

Alan Oppenheim, Ronald Schafer, Discrete-time Signal Processing, Prentice Hall, 3rd edition, 2010.

Mapa IV - Visualização de Dados**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Visualização de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Visualization

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:**162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T-30; PL-30****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****Fernando Jorge Penousal Martins Machado*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Encara-se a visualização de informação (InfoVis) como um método de expansão cognitiva, que fornece meios para explorar, analisar e comunicar dados, transformando dados em informações e informações em conhecimento.

Neste contexto, a InfoVis tem dois papéis principais:

-apresentar resultados de aplicações de ciência de dados a utilizadores finais;

-auxiliar os cientistas de dados apoiando o desenvolvimento através da visualização dos dados, características, modelos de ML, etc.

A UC centra-se em abordagens computacionais para InfoVis, apresenta os fundamentos teóricos para construir visualizações eficazes, um conjunto de técnicas clássicas para cada tipo de estrutura de visualização e promove a aplicação de técnicas híbridas e a criação de novas.

Competências principais:

-análise e síntese; resolver problemas

-raciocínio crítico

-aplicar na prática os conhecimentos; investigar

Competências secundárias :

-organização e planificação

-trabalho em grupo

-aprendizagem autónoma; criatividade

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

The CU sees information visualization (InfoVis) as a form of cognitive augmentation that should provide means to explore, analyse and communicate data, transforming data into information, and information into knowledge.

In this context InfoVis has two main roles:

-presenting results of data science applications to an end user;

-assist data scientists by supporting development through the visualization of raw data, features, ML models, etc.

The UC focuses on computational approaches to InfoVis, presenting the theoretical foundations to build effective visualizations, providing a set of classical techniques for each type of visualization structure and promoting the application of hybrid techniques or the creation of new ones.

Main competencies to be developed are:

- analysis and synthesis, problem solving*
- critical thinking*
- practical application of the theoretical knowledge; research*

Secondary competences are:

- organizing and planning*
- work in teams*
- autonomous learning, creativity*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Fundamentos de Visualização de Informação

- . Definição e finalidade
- . Taxonomia
- . História

2. Abstração de dados e tarefa

- . Abstração de dados
- . Abstração de Tarefas
- . Análise e Validação
- . Níveis de Design
- . Validação

4. Semiologia, codificação visual, representação

- . Semiologia do sistema de sinais gráficos
- . Utilização do sistema de sinais gráficos

5. Princípios e padrões de design

- . Princípios
- . Padrões

6. Pipeline de Visualização

- . Importar
- . Filtro
- . Codificar
- . Renderizar
- . Validar

7. Dados Tabulares

- . Chaves e Valores
- . Separar, Ordenar, Alinhar
- . Orientação do Eixo Espacial
- . Densidade de Layout Espacial

8. Técnicas de análise multivariada

- . Geométricas
- . Glifos de dados
- . Orientadas a Pixel

9. Dados Espaciais / Visualização Georreferenciada

- . Cartografia temática e geovisualização
- . Geometria
- . Campos escalares

10. Redes e árvores

- . Layouts de árvores
- . Layouts de gráfico

- . **Mapas conceituais e mapas mentais**

- 11. Interação**

- . **Tarefas**
- . **Manipulação**
- . **Transformação**
- . **Animação**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Information Visualization Fundamentals**

- . **Definition and purpose**
- . **Taxonomy**
- . **Main eras**

- 2. Data and Task Abstraction**

- . **Data Abstraction**
- . **Task Abstraction**
- . **Analysis and Validation**
- . **Levels of Design**
- . **Validation approaches**

- 4. Semiology, Visual Encoding, Representation**

- . **Semiology of the graphic sign-system**
- . **Utilisation of the graphic sign-system**

- 5. Design principles and patterns**

- . **Principles**
- . **Patterns**

- 6. Visualisation Pipeline**

- . **Import**
- . **Filter**
- . **Encode**
- . **Render**
- . **Validate**

- 7. Tabular Data**

- . **Keys and Values**
- . **Separate, Order, Align**
- . **Spatial Axis Orientation**
- . **Spatial Layout Density**

- 8. Multivariate analysis techniques**

- . **Geometric**
- . **Data Glyphs**
- . **Pixel Oriented**

- 9. Spatial Data / Georeferenced Visualization**

- . **Thematic cartography and geovisualization**
- . **Geometry**
- . **Scalar fields**

- 10. Networks and trees**

- . **Tree layouts**
- . **Graph Layouts**
- . **Concept maps and mind maps**

- 11. Interaction**

- . **Tasks**
- . **Manipulation**

. *Tranformation*

. *Animation*

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

O objectivo central desta unidade curricular é o desenvolvimento de conhecimentos e competências no domínio da visualização de informação. A familiarização com as técnicas utilizadas é um pré-requisito para a compreensão das potencialidades existentes. Por sua vez, este conhecimento é instrumental para o desenvolvimento de visualizações eficazes que explorem na plenitude estas possibilidades

A estratégia adoptada passa: pela exposição dos conceitos teóricos considerados fundamentais, pela aplicação prática destes conhecimentos teóricos, pelo estudo e análise de casos de visualização, pelo design e implementação de visualizações. Esta estratégia visa também promover as capacidades de análise, síntese, modelação, conceptualização, resolução de problemas e aplicação prática de conhecimentos.

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

The main goal of the course is the acquisition of solid knowledge and skills in the field of information visualization. The familiarisation with the used techniques is a pre-requisite for the understanding of the existing possibilities. In turn, this knowledge is instrumental for the design and implementation of effective visualizations that fully explore these possibilities.

The adopted strategy involves: the presentation of the fundamental theoretical concepts, their practical application, the study of visualization cases, the design and implementation of visualizations. This strategy also aims to promote the capabilities of analysis, synthesis, modeling, conceptualization, problem solving and practical application of knowledge.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

São leccionadas aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e técnicas fundamentais.

Serão também leccionadas aulas práticas, que têm por objectivo fundamental fazer a ligação entre os conceitos teóricos e sua aplicação prática. Privilegia-se a resolução de exercícios que permitam esta exploração e a análise de casos de estudo que exijam a conjugação de conceitos teóricos distintos e promovam o raciocínio crítico.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The unit includes theoretical lectures where the fundamental concepts, principles and techniques and there are presented and explained in detail.

Lectures of practical nature play the role of strengthening the connection between theoretic knowledge and its practical application. To pursue this goal we focus on problem solving and on the analysis of case studies that require combining different theoretical concepts and that promote critical reasoning.

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

A estratégia e o método de ensino adoptado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem, levando não só ao desenvolvimento de competências técnicas específicas à disciplina de visualização de informação, mas também ao desenvolvimento de competências pessoais genéricas.

Os conteúdos teóricos são aplicados através da análise e discussão de casos de visualização de informação. Capacidades de análise e síntese, raciocínio crítico e investigação, organização e planeamento e aprendizagem autónoma são promovidas através do desenvolvimento de projetos de visualização reais.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The teaching strategy and methodology seek to involve the student in the learning process, conducting to the development of technical competencies specific to the field of information visualization, as well as the development of generic personal competencies.

The theoretical contents are put in practice through the analysis and discussion of visualization cases. Problem solving capacities, analysis and synthesis, critical thinking and research, organizing and planning and autonomous learning are promoted through the development of real visualization projects.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Munzner, T.: Visualization Analysis and Design, 2014.

Few, Stephen: Now You See It, 2009

Cairo, Alberto: *The Functional Art, New Riders, 2013*

Tufte, E: *Beautiful evidence. Graphics Press, 2006*

Tufte, E: *The Visual Display of Quantitative Information, 2nd ed. Connecticut:, 2007*

Meirelles, I: *Design for Information: An Introduction to the Histories, Theories, and Best Practices Behind Effective Information Visualizations. Rockport Publishers, 2013*

Mapa IV - Engenharia de Atributos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Engenharia de Atributos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Feature Engineering

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

César Alexandre Domingues Teixeira

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

Rui Pedro Pinto Carvalho e Paiva, Paulo Fernando Pereira de Carvalho

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

A disciplina de Engenharia de Atributos tem como objectivo geral dotar o estudante de conhecimentos teóricos e ferramentas que permitam extrair, seleccionar e transformar informação, por forma a que esta possa ser usada, de forma eficiente, por algoritmos de análise e aprendizagem computacional.

A disciplina aborda os dados de duas perspectivas. Primeiramente ao nível dos dados em bruto (Raw data) e consequentemente ao nível das características/atributos (features) extraída(o)s de dados em bruto.

O aluno deve no final da disciplina estar apto a:

- analisar a qualidade da informação (ex. avaliação da relação sinal/ruído);
- filtrar séries temporais;
- extrair atributos;
- desenvolver estratégias para anotação de dados;
- desenvolver técnicas para detecção e tratamento de outliers;
- tratar valores em falta;
- converter dados (ex. normalização, discretização);
- tratar desbalanceamento nos dados e
- projetar e implementar técnicas para selecção e redução de atributos.

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

The aim of this course is to provide students with the theoretical knowledge and tools to extract, select and transform information so that it can be efficiently used by analysis and computational learning algorithms.

The discipline addresses the data from two perspectives. Firstly at the level of the raw data and consequently at the level of the extracted raw data features.

The student should at the end of the course be able to:

- analyzing the quality of the information (eg evaluation of the signal-to-noise ratio);
- filtering time series;
- feature extraction;
- develop strategies for data annotation;
- develop techniques for detection and treatment of outliers;
- missing values handling;
- convert data (eg normalization, discretization);
- to treat imbalance in data and
- project and implement techniques for selection and reduction of features.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Capítulo 1: Introdução à Engenharia de Atributos

Capítulo 2: Tratamento de dados em bruto

-Aquisição de dados

-Estratégias de anotação de dados

-Avaliação da qualidade dos dados: relação sinal/ruído

-Filtragem de séries temporais: Filtros de resposta impulsiva finita e infinita

-Detecção e tratamento de outliers

-Detecção e tratamento de valores em falta

-Transformadas tempo-frequência: extracção de atributos não estacionários

Capítulo 3: Tratamento de atributos

-Avaliação da qualidade dos dados

-Deteção e tratamento de outliers

-Deteção e tratamento de valores em falta

-Conversão de dados: Discretização de variáveis contínuas, conversão de variáveis categóricas

-Normalização

-Tratamento de dados desbalanceados

Capítulo 4: Selecção e redução de atributos

- Métodos independentes do classificador/regressor: *Filtros*
- Métodos baseados na performance de classificação/regressão: *"Wrappers"*
- Métodos *"Embedded"*
- Redução não supervisionada: *PCA, MDS, ...*
- Redução supervisionada: *LDA,...*

4.4.5. Syllabus:**Chapter 1: Introduction to Feature Engineering****Chapter 2: Raw Data Processing**

- Data acquisition
- Data annotation strategies
- Data quality assessment: *signal-to-noise ratio*
- Time-series filtering: *finite and infinite impulse response filters*
- Detection and treatment of outliers
- Detection and treatment of missing values
- Time-frequency transforms: *non-stationary feature extraction.*

Chapter 3: Feature Handling

- Data quality assessment
- Detection and treatment of outliers
- Detection and treatment of missing values
- Data conversion: *Discretization of continuous variables, conversion of categorical variables,...*
- Normalization
- Unbalanced data handling

Chapter 4: Feature Selection and reduction

- Independent from the Classifier/Regressor Methods: *Filters*
- Methods based on classification/regression performance: *Wrappers*
- Embedded Methods
- Unsupervised Reduction: *PCA, MDS,...*
- Supervised Reduction: *LDA*

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

Os objetivos da unidade curricular estão perfeitamente ajustados com o programa curricular definido.

A unidade curricular pode ser dividida em dois módulos: i) processamento de dados em bruto; ii) processamento de atributos previamente extraídos.

No 1º módulo, a unidade curricular centra-se no tratamento de dados em bruto, visando a extração de atributos.

No 2º módulo, parte-se de atributos anteriormente extraídos e pretende-se realizar o tratamento dos mesmos, desde a sua limpeza até à seleção e redução dos mesmos.

Os tópicos descritos são exercitados através da realização de exercícios práticos durante as aulas e de um mini-projeto versando o desenvolvimento de algoritmos que optimamente devem pertencer aos dois módulos.

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

The objectives of the curricular unit are perfectly adjusted with the curricular program defined.

The curricular unit can be divided into two modules: i) Raw data processing; ii) processing of previously extracted attributes.

In the 1st module, the curricular unit focuses on the raw data processing, aiming the extraction of attributes.

In the 2nd module, we start from previously extracted attributes and intend to carry out the treatment of the same, from their cleaning to the selection and reduction thereof.

The topics described are practiced through practical exercises during the classes and a mini-project dealing with the development of algorithms that should optimally belong to the two modules.

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

- *Aulas teóricas (2h semanais) para apresentação e discussão da matéria e resolução de exercícios, estabelecendo a interligação com as aulas práticas laboratoriais, usando meios audiovisuais e demonstrações computacionais.*
- *Aulas práticas laboratoriais (2h semanais) para apoio à realização dos exercícios das fichas práticas e do mini-projeto.*

Recursos adoptados:

- *Slides de apoio às aulas teóricas*
- *Bibliografia diversa (livros sobre os temas abordados)*
- *Fichas práticas com exercícios*
- *Exercícios online*
- *Software de simulação: Matlab / Python*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**Teaching methodologies:**

- *Theoretical classes (2 hours weekly) for presentation and discussion of the matter and problem solving, establishing links with the practical laboratorial classes, using slides and computer demonstrations.*
- *Practical Laboratorial classes (2 hours weekly) to support the execution of exercises of the Worksheets and of the Mini-project.*

Adopted resources:

- *Slides to support theoretical classes*
- *Miscellaneous Bibliography (books on the cov*

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

Os tipos de aulas em que a unidade curricular está estruturada são os clássicos, validados historicamente e perfeitamente adequados aos objetivos da unidade curricular. Os conceitos são primeiramente apresentados nas aulas teóricas, onde os mesmos são discutidos de forma interativa e exercitados brevemente. Nas aulas práticas laboratoriais são exercitados exaustivamente.

Recursos adoptados:

Em termos de recursos, é utilizada bibliografia de referência na área. Nomeadamente, para o 1º módulo, é utilizada a seguinte bibliografia:

2. Nixon & Aguado (2008). "Feature Extraction & Image Processing". Academic Press.

- diversos artigos de referência para os tópicos abordados

Para o 2º módulo, é utilizada a seguinte bibliografia principal:

-García, Luengo & Herrera (2015). "Data Preprocessing in Data Mining". Springer.

- Artigos diversos sobre metodologias abordadas

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**Teaching methodologies:**

The types of classes in which the curricular unit is structured are the classics, historically validated and perfectly adapted to the objectives of the curricular unit. The concepts are first presented in the theoretical classes, where they are discussed in an interactive way and briefly practiced. In the practical laboratory classes are practiced exhaustively.

Resources adopted:

In terms of resources, reference bibliography is used in the area. In particular, for the 1st module, the following bibliography is used:

2. Nixon & Aguado (2008). "Feature Extraction & Image Processing". Academic Press.

- several reference articles for the topics covered

For the 2nd module, the following main bibliography is used:

-García, Luengo & Herrera (2015). "Data Preprocessing in Data Mining". Springer.

- Various articles on methodologies addressed

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *García, Luengo & Herrera (2015). "Data Preprocessing in Data Mining". Springer.*
2. *Nixon & Aguado (2008). "Feature Extraction & Image Processing". Academic Press.*
3. *Giannakopoulos & Pikrakis (2015). "Introduction to Audio Analysis". Academic Press.*

Mapa IV - Sistemas e Infraestruturas de Computação**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Sistemas e Infraestruturas de Computação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computing Systems and Infrastructures

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Tiago José dos Santos Martins Cruz

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

Este curso pretende fornecer aos alunos um conjunto de conhecimentos sobre tecnologias de cloud computing, na perspectiva de um cientista de dados. Nesse sentido, o programa inclui tópicos como virtualização ou os containers, organizados em uma perspectiva de DevOps. Em última análise, pretende-se que os alunos aprendam e compreendam como articular e configurar esses recursos no sentido de dar resposta a requisitos específicos de desempenho, fiabilidade e elasticidade.

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

This course intends to provide students with know-how about cloud technologies, from the perspective of a data scientist. In this sense, the proposed course syllabus includes topics such as virtualization or containers, organized towards a DevOps perspective. Ultimately, it is intended for students to learn and understand how to articulate and configure these resources according to specific reliability, resource elasticity and performance requirements.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Computação e comunicações na cloud: para além do "bare metal" (VMs, containers, unikernels)*
2. *Paradigmas de computação na cloud e tecnologias relacionadas*
3. *Clouds privadas, públicas e híbridas*
4. *Modelos de serviço em cloud*
5. *Noções sobre recursos virtuais para comunicações, armazenamento e computação*
6. *DevOps para cientistas de dados*
7. *Optimizando a ingestão e processamento de dados em arquiteturas distribuídas*
8. *Programação paralela,*

9. *Análise de cenários de casos reais de uso*

4.4.5. Syllabus:

1. *Cloud communications and computing: beyond the bare metal (VMs, containers, unikernels)*
2. *Cloud paradigms and related technologies*
3. *Private, public and hybrid clouds*
4. *Cloud service models*
5. *Understanding virtual resources for communications, storage and computing*
6. *DevOps for data scientists*
7. *Optimizing data ingestion and processing on massively distributed architectures*
8. *Parallel programming*
9. *Analysis of real-world use case scenarios*

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

O programa visa promover uma perspectiva abrangente das tecnologias de computação em larga escala que estão ao dispor do cientista de dados, assim como as técnicas e recursos que podem ser mobilizadas para otimização dos processos de tratamento de dados massificados.

Necessariamente, tal implica a abordagem de um conjunto de aspetos, que vão dos tópicos avançados de arquitetura de computadores à virtualização, passando pelas noções básicas de cloud, DevOps e programação paralela.

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

The syllabus aims to present a comprehensive perspective of the large-scale computing technologies available to the data scientist as well as the techniques and resources that can be deployed to optimize mass data processing processes.

Necessarily, this implies approaching a set of aspects, ranging from advanced topics on computer architectures and virtualization, to cloud technologies, DevOps e parallel programming.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas (T) : apresentações e discussão sobre os tópicos da unidade curricular.

Aulas práticas (PL): aplicação dos conceitos teóricos em exercícios e projetos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lecture classes (T): presentation and discussion around the topics of the course.

Lab classes (PL): application of theoretical concepts in projects.

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

A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.

Serão criadas condições para o desenvolvimento das competências para análise e síntese, resolução de problemas, tomada de decisão, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma, adaptabilidade a novas situações, e em aplicar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The strategy and teaching methodology adopted seek to include students in the learning, leading to the development of not only specific technical competences, but also generic competences of instrumental, personal and systemic nature.

Examples and practical exercises presented in T and TP classes provide the conditions for the analysis and synthesis, problem solving, decision making and critical thinking, autonomous learning, adaptability to new situations and applying theoretical concepts learned to practical situations.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Artigos, recursos disponíveis na Internet e capítulos de livros seleccionados, para cada tópico especializado.

- G. Santana, Data Center Virtualization Fundamentals: Understanding Features, Designs, and Techniques for Highly Efficient Data Centers (2013)

-Jennifer Davis, Ryn Daniels - Effective DevOps Building a Culture of Collaboration, Affinity, and Tooling at Scale (2016)

-Kief Morris, Infrastructure as Code (2016)

-Rafal Leszko, Continuous Delivery with Docker and Jenkins: Delivering software at scale (2017)

Mapa IV - Processamento de Linguagem Natural

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Processamento de Linguagem Natural

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Natural Language Processing

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Hugo Ricardo Gonçalo Oliveira

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

A linguagem humana é a forma mais natural de comunicarmos. Uma grande quantidade dos dados produzidos diariamente (e.g. na Web) está nesta forma. Nesta unidade espera-se a aquisição de competências ao nível do (pré-)processamento e manipulação deste tipo de dados, considerando a sua especificidade. Haverá um foco no conhecimento e aplicação de técnicas computacionais para exploração e formalização da linguagem natural, incluindo:

- Análise lexical, sintática e semântica;*
- Abordagens simbólicas e baseadas em processamento estatístico.*
- Aproveitamento de recursos linguísticos e ferramentas existentes.*
- Tarefas de mais alto nível que lidam com a linguagem natural;*
- Extração de características que possam ser exploradas por outros sistemas inteligentes, em tarefas de previsão ou apoio à decisão;*
- Visões mais teóricas e algum conhecimento linguístico.*

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

Human language is the most natural way of communication. A great amount of data produced everyday (e.g. on the Web) are written in this form.

This unit will contribute with the acquisition of skills for (pre-)processing and manipulating this kind of data, given its specificities. This will be focused on knowledge and application of computational techniques for exploring and formalizing natural language, including:

- *Lexical, syntactic and semantic analysis;*
- *Symbolic approaches as well as statistical processing;*
- *Exploitation of available linguistic resources and tools;*
- *Higher-level tasks dealing with natural language;*
- *Extraction of features that may be explored by other intelligent systems, in prediction or decision-support tasks;*
- *More theoretical visions and some linguistic knowledge.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução ao Processamento de Linguagem Natural*

1.1 *Linguagens formais e linguagens naturais*

1.2 *Ambiguidade, variabilidade linguística e outros fenómenos*

1.3 *Níveis de conhecimento*

1.4 *Processamento em cadeia*

2. *Palavras*

2.1 *Recursos: Léxicos e Corpos*

2.2 *Análise Morfológica*

2.3 *N-gramas e Modelos de Linguagem*

2.4 *Processamento de sequências for Análise Morfossintática e Reconhecimento de Entidades Mencionadas*

3. *Sintaxe*

3.1 *Gramáticas Formais*

3.2 *Análise Sintática (Parsing)*

3.3 *Análise de Dependências*

4. *Semântica*

4.1 *Representação do sentido das frases*

4.2 *Semântica Lexical*

4.3 *Semântica Vetorial*

4.4 *Análise Semântica*

4.5 *Resolução de Correferência*

4.6 *Desambiguação do Sentido das Palavras e Entity Linking*

5. *Aplicações*

5.1 *Classificação de Texto*

5.2 *Recuperação de Informação*

5.3 *Extração de Informação*

5.4 *Resposta Automática a Perguntas*

5.5 *Sistemas de Conversação*

5.6 *Outras Aplicações*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction to Natural Language Processing*

1.1 *Formal languages and natural languages*

1.2 *Ambiguity, linguistic variability and other phenomena*

1.3 *Knowledge Levels*

1.4 *NLP Pipeline*

2. *Words*

2.1 *Resources: Lexicons and Corpora*

2.2 *Morphology Analysis*

2.3 *N-grams and Language Models*

2.4 Sequence Processing for Part-of-Speech Tagging and Named Entity Recognition**3. Syntax****3.1 Formal Grammars****3.2 Parsing****3.3 Dependency Parsing****4. Semantics****4.1 Representation of Sentence Meaning****4.2 Lexical Semantics****4.3 Vector Semantics****4.4 Semantic Parsing****4.5 Coreference Resolution****4.6 Word sense disambiguation and Entity Linking****5. Applications****5.1 Text Classification****5.2 Information Retrieval****5.3 Information Extraction****5.4 Automatic Question Answering****5.5 Dialog Systems****5.6 Other applications****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

O tópico 1 do programa servirá para motivar e introduzir o tema. Haverá um sensibilização para as especificidades das linguagens naturais, com a apresentação de fenómenos linguísticos e dos níveis de conhecimento associados, que as tornam diferentes das linguagens formais, dificultam o seu processamento, e tornam o PLN uma tarefa desafiante.

Os tópicos 2, 3 e 4 focam-se em três grandes níveis de PLN: lexical, sintático e semântico. Serão abordadas técnicas para diferentes tipos de análise, que permitirão uma formalização do conhecimento transmitido através da linguagem, e que podem ser aplicadas como fases de pré-processamento durante a extração de características para sistemas inteligentes.

O tópico 4 abordará um sub-conjunto de tarefas PLN de mais alto nível. Na sua maioria, partirão de algumas das análises anteriormente apresentadas, mas têm um carácter mais aplicacional, com um resultado que terá potencialmente uma utilidade mais concreta para o ser humano.

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

Topic 1 of the program motivates and introduces NLP. It will raise awareness to the specificities of natural languages, with the presentation of linguistic phenomena and associated levels of knowledge, which make them different than formal languages and contribute to the huge challenge of NLP.

Topics 2, 3 and 4 are on three natural language processing levels: lexical, syntactic and semantic. Techniques for different kinds of analysis will be presented, which will enable the formalisation of knowledge conveyed in natural language and their potential application in the pre-processing stage and feature extraction for intelligent systems.

Topic 4 will cover a subset of higher-level NLP tasks. Most of them will start with some of the previously presented analysis, but will have a more applicational goal, with a result potentially more useful for the human being.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A Unidade Curricular terá aulas de dois tipos:

- Aulas teóricas, que servirão para a exposição de conceitos teóricos e discussão de alguns exemplos práticos;

- Aulas práticas, para a familiarização com algumas ferramentas computacionais, sua aplicação em pequenos exemplos relacionados com os conceitos teóricos, e que podem ainda servir de apoio ao desenvolvimento do projeto.

O projeto consistirá no desenvolvimento de uma aplicação / modelo para a realização de uma tarefa PLN, bem como a respetiva validação.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This Curricular Unit will have two types of classes:

- *Lectures, where theoretical concepts will be presented and some practical examples discussed;*
 - *Practical classes, for the familiarisation with computational tools, their application to small examples related with the theoretical concepts, which may also be used for project development support.*
- The project will consist of the development of an application / model for a NLP task, as well as its validation.*

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

As aulas teóricas servirão para a exposição de conceitos teóricos e discussão da sua aplicação a alguns exemplos práticos, o que permitirá aos alunos a aprendizagem desses conceitos e clarificar a sua aplicação.

As aulas práticas terão como objetivo a aplicação dos conceitos teóricos, na resolução de pequenos problemas ou no desenvolvimento do projeto. Servirão também para a familiarização com um leque de ferramentas PLN, através da realização de tutoriais e da sua aplicação à resolução de problemas e ao desenvolvimento do projeto.

Será também o momento oportuno para os alunos receberem do docente apoio no desenvolvimento do projeto.

No projeto, os alunos terão a oportunidade de aprofundar o seu conhecimento acerca de alguns dos temas abordados, através da sua aplicação a um problema concreto e de maior complexidade, num sistema / modelo cujos resultados deverão ainda ser validados.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

Lectures will be used for presenting theoretical concepts and to discuss their application to some practical examples, in order to let the students learn those concepts and clarify their application.

Practical classes will cover the application of theoretical concepts, either on small problems / tasks, or in the development of the project. They will also be used for the familiarisation with a set of NLP tools, based on tutorials and their utilization for solving small problems, as well as on the development of the project. Part of these classes will further be used for support to the project development.

In the project, students will have the chance of deepening their knowledge on some of the presented subjects, through their application to a concrete problem with higher complexity, in a system / model of which results must be validated.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Dan Jurafsky and James H. Martin. *Speech and Language Processing*, Prentice Hall, 2019 (3rd edition draft).*

*Jacob Eisenstein. *Natural Language Processing*. MIT Press (draft edition, November, 2018).*

Mapa IV - Dados Sociedade e Direito

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Dados Sociedade e Direito

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data, Society and Law

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CSDG

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30; O-2

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Alexandre Libório Dias Pereira

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

Após completar a unidade curricular a/o Estudante deverá ser capaz de:

1º - Identificar as fontes e compreender a natureza do Direito da Informática e da Segurança Informática.

2º - Compreender o comércio eletrónico e ser capaz de mobilizar as suas ferramentas normativas, em especial no que respeita ao princípio do país de origem, à contratação eletrónica (incluindo a certificação de assinaturas digitais e a proteção do consumidor), e à responsabilidade civil dos provedores de internet.

3º - Relacionar o regulamento dos nomes de domínio da internet com a tutela dos sinais distintivos (marcas, firmas, etc).

4º - Identificar o tribunal competente e a lei aplicável em litígios relacionados com a utilização da Internet e reconhecer a existência de meios alternativos de resolução de litígios.

5º - Compreender a lei do crime informático (cibercrime) e aspetos de ética e deontologia da Segurança Informática.

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

After completing the unit, the student should be able to:

1 - Identify the sources and understand the nature of Computer Law and Computer Security Law.

2 - Understanding e-commerce and be able to use its legal tools, especially with regard to the country of origin, e-contracts (including certification of digital signatures and consumer protection), and the civil liability of Internet providers.

3 - Relate the regulation of Internet domain names with the protection of distinctive signs (brands, etc.).

4 - Identifying the competent court and applicable law in disputes related to the use of Internet and to acknowledge the existence of alternative means of dispute resolution.

5 - Understanding the law of computer crime (cybercrime) and aspects of ethics and deontology of Computer Security.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

§ 1. Objeto, fontes e natureza do Direito da Informática e da Segurança Informática.

§ 2. Comércio eletrónico e o princípio do país de origem.

§ 3. Contratação eletrónica, certificação e proteção do consumidor

- § 4. *Programas de computador, bases de dados e direitos de autor na internet*
- § 5. *Nomes de domínio da Internet e sinais distintivos*
- § 6. *Dados pessoais e privacidade nas comunicações eletrónicas*
- § 7. *Responsabilidade civil dos provedores de Internet e computação em nuvem.*
- § 8. *Jurisdição na internet: tribunal competente, lei aplicável e meios alternativos de resolução de litígios.*
- § 9. *Crime informático*
- § 10. *Aspetos de ética e deontologia.*

4.4.5. Syllabus:

- § 1. *Object, sources and nature of Computer Law and Computer Security Law.*
- § 2. *E-commerce and the principle of country of origin.*
- § 3. *Electronic contracting , certification and consumer protection.*
- § 4. *Computer programs, databases and copyright on the Internet.*
- § 5. *Internet domain names and distinctive signs.*
- § 6. *Personal data and privacy in electronic communications.*
- § 7. *Liability of Internet service providers and cloud computing.*
- § 8. *Jurisdiction on the Internet: competent court , applicable law and alternative means of dispute resolution.*
- § 9. *Computer crime*
- § 10. *Ethical and deontological issues*

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

Para alcançar o 1º objetivo é lecionada matéria relativa ao objeto, às fontes e à natureza do Direito da Informática e da Segurança Informática (1). Para alcançar o 2º objetivo são lecionadas as matérias relativas ao comércio eletrónico e princípio do país de origem, contratação eletrónica, certificação e proteção do consumidor, e responsabilidade civil dos provedores de Internet (2, 3 e 7). Para o 3º objetivo é lecionado o conteúdo relativo a dados pessoais e privacidade nas comunicações eletrónicas e sobre programas de computador, bases de dados e direitos de autor na internet (6 e 7). O 4º objetivo é servido pelos conteúdos da 5 sobre nomes de domínio na Internet e sinais distintivos. Para o 5º objetivo é lecionada a matéria relativa ao tribunal competente, à lei aplicável e aos meios alternativos de resolução de litígios (8). Finalmente, o objetivo 6º será alcançado através do estudo do crime informático e dos aspetos de ética e deontologia da segurança informática (9 e 10).

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

To achieve the 1st goal it is taught the object, sources and nature of Computer Law (§ 1). Matters relating to e-commerce and the country of origin, e-contracts, including certification of digital signatures and consumer protection, and civil liability of Internet service providers (§§ 2, 3 and 7) are taught to reach the 2nd objective. For the 3rd goal it is provided the content concerning personal data and privacy in electronic communications as well as the legal protection of computer programs, databases and copyright on the Internet (§§ 6 and 7). The 4th goal is served by the contents of § 5 on domain names on the Internet and distinctive signs. For the 5th goal it is taught the contents concerning the competent court, applicable law and alternative means of dispute resolution (§ 8). Finally, the 6th goal will be achieved through the study of computer crime and aspects of ethics and deontology of computer security (§§ 9 and 10)

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas (T) : apresentações e discussão sobre os tópicos da unidade curricular.

Aulas práticas (PL): aplicação dos conceitos teóricos em exercícios e projetos.

As aulas teóricas serão também difundidas por teleconferência e serão gravadas para os alunos poderem acompanhar remotamente.

As aulas práticas serão marcadas, preferencialmente, às sextas-feiras de manhã, podendo também os trabalhos práticos ser desenvolvidos pelos alunos, em regime remoto e assíncrono, com apoio remoto dos docentes.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lecture classes (T): presentation and discussion around the topics of the course.

Lab classes (PL): application of theoretical concepts in projects.

The MSI theoretical classes will take place, preferably, Friday afternoon and Saturday morning. Theoretical classes will also be broadcast by teleconference and will be recorded to allow the students to follow the classes remotely.

The practical classes will be preferably booked Friday morning. The practical assignments may also be developed by the students in remote and asynchronous mode with remote support of teachers.

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

O método de ensino do Direito da Informática e da Segurança Informática é teórico-prático, analisando-se em duas componentes fundamentais. Por um lado, é usado o método expositivo para fazer uma breve exposição das matérias, apresentando os problemas e os respetivos instrumentos legais, e expondo sucintamente os seus princípios fundamentais. Por outro lado, é proposta a análise de jurisprudência, sobretudo acórdãos do Tribunal de Justiça da União Europeia, promovendo desse modo uma aprendizagem dinâmica dos regimes jurídicos aplicáveis a partir de casos concretos. Será privilegiada a utilização da informática para a realização de pesquisa de materiais de estudo, incluindo legislação, jurisprudência e bibliografia.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The teaching method of Computer Law and Computer Security is both theoretical and practical. It has two key components. On the one hand, the lecture method is used to make a brief presentation of the contents, presenting the problems and the legal instruments found to solve them and briefly exposing its basic principles. On the other hand, it undertakes case-law analysis, especially the relevant rulings of the European Court of Justice, thus providing a dynamic learning of the legal regimes applicable to and from concrete cases. Attention will turn to the use of information technology to carry out research of study materials, such as legislation, case law and literature.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Base: Martins, Lourenço; Marques, Garcia, Direito da Informática, 2.ª ed., Almedina, 2006

Monteiro, António Pinto, "A responsabilidade civil na negociação informática", Direito da Sociedade da Informação, vol. I, Coimbra Editora, 1999, 229-239.

Monteiro, J. Sinde, "Direito Privado Europeu – Assinatura Electrónica e Certificação (A Directiva 1999/93/CE e o Decreto – Lei n.º 290 – D/99, de 2 de Agosto)" Revista de Legislação e de Jurisprudência. n.º 3918 (2001), 262

Pereira, Alexandre Dias, Direito da Informática – Elementos, Coimbra, 2016 (em preparação).

Mapa IV - Processamento Audiovisual

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Processamento Audiovisual

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Audiovisual signals processing

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-30; PL-30

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

Luís Alberto da Silva Cruz

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

A unidade curricular de Processamento Audiovisual pretende dotar os estudantes de um largo espectro de competências sobre captura e processamento de sinais audiovisuais como áudio, imagem e vídeo, no contexto de sistemas de larga escala de forma a responder a necessidades actuais e futuras, e a projetar soluções técnicas capazes de fazer face ao crescente volume deste tipo de dados. O programa da disciplina aborda as técnicas fundamentais de captura, representação, descrição e avaliação de qualidade de sinais de áudio, imagem e vídeo, assim como o seu armazenamento e transmissão. São ainda descritas aplicações destas tecnologias, no contexto de sistemas de larga escala, como sistemas de vigilância para cidades inteligentes e sistemas de vigilância e monitorização ambiental à escala regional ou nacional.

Nas aulas práticas os alunos executarão trabalhos de natureza computacional relacionados com os vários tópicos estudados.

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

This course intends to provide the students with a wide range of competences on the capture and processing of audio, image and video signals in the context of large scale systems, aimed at solving future problems with highly scalable media processing systems able to handle the increasing volume of audiovisual data. The course syllabus covers the fundamental techniques for capturing, representing, describing, and evaluating the quality of audio and video signals, as well as for their storage and transmission. Some important applications of these technologies like smart-cities surveillance systems and environmental monitoring will be exposed. The course will include some laboratorial work to acquaint the students with concrete or simulated audio and video processing and transmission systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Parte I - Processamento de sinais áudio

- ***Captura de sinais de áudio***
- ***Representação de sinais de áudio, com e sem compressão***
- ***Descritores (features) de sinais de áudio para indexagem e busca em repositórios de larga escala.***
- ***Avaliação de qualidade de áudio***

Parte II – Processamento de imagem e vídeo

- ***Captura de imagem e vídeo***
- ***Representações de imagem e vídeo com e sem compressão, seguindo formatos normalizados (JPEG, MPEG)***

- **Descritores (features) de imagem e vídeo para aplicação em indexarem e busca em repositórios de larga escala.**
- **Avaliação de qualidade de imagem e vídeo, métodos e normas**

Parte III - Armazenamento e transmissão de áudio e vídeo em larga escala

Parte IV - Aplicações

4.4.5. Syllabus:

Part I - Audio signals processing

- **Capture**
- **Compressed and non-compressed representaions**
- **Features for indexing, search and retrieval in large scale audiovisual data stores.**
- **Audio quality measures and applications.**

Part II – Image and Video processing

- **Image and video capture**
- **Image and video representation and storage with and without compression**
- **Image and video features for indexing, search and retrieval in large scale audiovisual data stores.**
- **Avaliação de qualidade de imagem e vídeo, métodos e normas**

Part III - Storage and transmission of audiovisual data

Parte IV - Applications

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

Os conteúdos programáticos descritos e a sua sequência de ensino conduzem o aluno ao longa da cadeia de processamento de sinais audiovisuais, com início na captura e terminando nas questões relacionadas com o seu armazenamento e transmissão, sempre no contexto de sistemas de larga escala. Desta forma o aluno formará uma ideia abrangente e completa dos sistemas estudados, compreendendo as suas limitações e usos.

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

The syllabus as well as the teaching sequence proposed will guide the student through the entire chain of audiovisual signal processing, beginning with the signal capture and ending with storage and transmissison operations, always in the context of big-data multimedia systems. In this way the student will get a broad and comprehensive understanding of the systems studied, as well as their uses and limitations.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Método de ensino: aulas teóricas, práticas. Trabalhos práticos e fichas parcialmente elaborados nas aulas práticas para consolidar os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas.

Métodos de avaliação:

- ***Exame:12 valores***
- ***Projeto: 4.5 valores***
- ***Fichas:3.5 valores***

Método de ensino: aulas teóricas, práticas. Trabalhos práticos e fichas parcialmente elaborados nas aulas práticas para consolidar os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas.

Métodos de avaliação:

- Exame: 12 valores
- Projeto: 4.5 valores
- Fichas: 3.5 valores

O exame tem mínimos de 30%.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching methodologies: Lectures and computer-based laboratory classes. Laboratory classes consist of experiments involving computers and specialized software and exercises to support and test the student's understanding of the material presented in the lectures.

Evaluation method:

- Written exam 12/20
- Project 4.5/20
- Class assignments 3.5/20

Besides the usual criterion of obtaining a 9.5/20 grade, it is required obtaining 30% in the exam.

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

Enquanto as aulas teóricas permitirão um conhecimento detalhado da teoria e tecnologia em que se baseia o processamento de sinais audiovisuais (no contexto desta unidade curricular), as aulas práticas permitirão consolidar estes conceitos teóricos e observar e analisar empiricamente o funcionamento desses sistemas e algoritmos de processamento. A ligação entre os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos permitirá compreender as capacidades e limites das tecnologias estudadas.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The lectures will provide the students with a clear knowledge about the theories and technologies that support the audiovisual processing methods studied. The laboratory classes will provide the students with the opportunity to observe and analyse the studied methods at work, thus enabling a comparison with the theory leading the student to a better understanding of the uses and limitations of the technologies and methods studied.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Jens-Rainer Ohm, "Multimedia Communication Technology: Representation, Transmission and Identification of Multimedia Signals", Springer 2004
- Kim, Moreau, Sikora, "MPEG-7 Audio and Beyond: Audio Content Indexing and Retrieval", Wiley 2005
- Salembier, Manjunath, Sikora, "Introduction to MPEG 7: Multimedia Content Description Language", Wiley, 2002
- Salembier, Manjunath, Sikora, "Introduction to MPEG 7: Multimedia Content Description Language", Wiley, 2002
- Murat Tekalp (2015) - Digital Video Processing, Prentice Hall, 2017
- Stefanos Vrochidis, Benoit Huet, Edward Y. Chang, Ioannis Kompatsiaris, "Big Data Analytics for Large-Scale Multimedia Search", Wiley 2019

Mapa IV - Aprendizagem Probabilística e Reconhecimento de Padrões**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Aprendizagem Probabilística e Reconhecimento de Padrões

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Probabilistic Machine Learning and Pattern Recognition

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**INF****4.4.1.3. Duração:****Semestral/Semiannual****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T-30; PL-30****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****Bernardete Martins Ribeiro*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****César Alexandre Domingues Teixeira, Rui Pedro Pinto Carvalho e Paiva*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Um aluno que tenha atingido os objetivos da UC será capaz de:***

- Explicar conceitos centrais como Probabilistic Graphical Model (PGM), prior, posterior, verossimilhança, inferência Bayesiana e propagação de crenças***
- Compreender e ser capaz de manipular os diferentes blocos de um programa probabilístico***
- Reconhecer para os diferentes PGM apresentados na UC e explicar as premissas subjacentes***
- Formular um novo modelo, dada uma especificação do problema e dados***
- Aplicar os diferentes métodos de inferência disponíveis nas ferramentas estudadas***
- Explicar aspectos práticos dos modelos de dados, como overfitting, dinâmica do sistema (por exemplo, espaço-temporal), independência condicional, imputação, prior conjugado***
- Avaliar a qualidade de diferentes modelos para um dado problema e dados***
- Apresentar, e poder argumentar, um projeto baseado em PGM***
- Relacionar problemas existentes e dados (e.g. domínios específicos) com abordagem de modelos probabilísticos***

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***A student who has met the objectives of the UC will be able to:***

- Explain central concepts such as Probabilistic Graphical Modeling (PGM), prior, posterior, likelihood, Bayesian inference and belief propagation***

- **Understand and be able to manipulate the different blocks of a probabilistic program**
- **Recognise usages for the different probabilistic graphical models presented in the course and explain their underlying assumptions**
- **Formulate a new model, given a problem specification and its data**
- **Apply the different inference methods available in the studied tools**
- **Explain practical data modeling aspects, like overfitting, system (e.g. spatial-temporal) dynamics, conditional independence, imputation, conjugate prior**
- **Evaluate the quality of different models for a given problem and data**
- **Present, and be able to argue for, a project based on PGM**
- **Relate existing problems and data (e.g. from specific domains) with modelling approaches to tackle them**

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- **Revisão de fundamentos - variável aleatória, distribuições de probabilidade, Teorema de Bayes**
- 2- **Fundamentos de Modelos Gráficos Probabilísticos - Redes Bayesianas, fatorização, independência condicional**
- 3- **Modelos gráficos probabilísticos - Modelos generativos, Representar um problema específico - Diferentes modelos - Regressão, Classificação, Modelos temporais, Modelos temáticos**
- 4- **Inferência - Inferência Exata**
- 5- **Inferência - Cadeia de Markov Monte Carlo**
- 6- **Inferência - Inferência Variacional**
- 7- **Modelos avançados**

4.4.5. Syllabus:

- 1- **Review of basics – random variable, probability distributions, Bayes Theorem**
- 2- **Probabilistic Graphical Models foundations – Bayesian networks, factorization, conditional independence**
- 3- **Probabilistic Graphical Models – Generative models, Representing your own problem - Different models – Regression, Classification, Temporal models, Topic Models**
- 4- **Inference – Exact Inference**
- 5- **Inference – Markov Chain Monte Carlo**
- 6- **Inference – Variational Inference**
- 7- **Advanced Topics**

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

A Aprendizagem Probabilística corresponde a uma classe de algoritmos denominada Modelos Gráficos Probabilísticos (PGMs) (ponto 3), que permite a combinação de conhecimento de domínio com métodos baseados em dados, de uma forma muito simples. Embora haja muitos algoritmos (p. ex., Redes Neurais, Processos Gaussianos, SVM, Árvores de Decisão, etc.) que têm o benefício de serem soluções “push-button”, são dificilmente adaptáveis. A tarefa consiste em transformar o problema e dados para se ajustarem a cada algoritmo específico. Muitas vezes, informações relevantes (e.g. relação conhecida entre 2 variáveis, diferentes distribuições de ruído em variáveis de entrada) são descartadas, e os resultados podem sofrer com isso. PGMs permitem incluir conhecimento prévio, (sub) modelos paramétricos e não paramétricos e incerteza sobre entradas e parâmetros (pontos 4. 5. 6.). Permitem combinar diferentes tipos de dados e existem ferramentas PGMs que simplificam o processo de inferência (ponto 7.).

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

Probabilistic Machine Learning corresponds to a class of algorithms, called Probabilistic Graphical Models (PGMs) (point 3) that allows the combination of domain knowledge with data driven methods, in a very simple way. While Machine Learning has plenty of algorithms (e.g. Neural Networks, Gaussian Processes, SVM, Decision Trees, etc.) that have the benefit of being “push-button” solutions, they are generally very hardly adaptable beyond the original design. The task becomes transforming the problem and data to fit each particular algorithm. Often, relevant information (e.g. known relationship between 2 variables, different noise distributions in input variables) is discarded, and results may suffer from it. PGMs allows to include prior knowledge, parametric and non-parametric (sub)-models, and uncertainty about inputs and parameters (points 4.5.6.). They are

perfect to combine different types of data, and there are tools for PGMs, that simplify its design and inference (point 7.).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Esta UC terá aulas com slides e com trabalho de laboratório usando ferramentas interativas (por exemplo, o notebook Jupyter). Os alunos efetuarão sempre manualmente cada módulo, durante e após a aula teórica, para assimilar novos conceitos. A UC é desenhada para ser incremental e fortemente apoiada pela prática.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This UC will have lectures with slides and with laboratory work using interactive tools (e.g. Jupyter notebook). Students will always work manually each module, during and after the theoretical class, to assimilate new concepts. It is designed to be incremental, and strongly supported with practice.

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

Nas aulas teóricas (T) serão expostos e discutidos de modo crítico os conceitos, as teorias e os algoritmos. As PL destinam-se a exercitar e consolidar o que foi aprendido nas T. A avaliação terá duas componentes. Uma primeira, consiste num projecto prático relacionado com as metodologias e/ou uma aplicação concreta. Uma segunda componente, consistirá num exame escrito que avaliará a compreensão teórica do estudante.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

n theoretical classes (T) will be exposed and discussed in a critical way the concepts, theories and algorithms. PLs are designed to exercise and consolidate what has been learned in the T. The evaluation will have two components. The first is a practical project related to methodologies and / or concrete implementation. A second component will consist of a written exam that will evaluate the student's theoretical understanding.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Model Based Machine Learning", John Winn, Christopher Bishop, Thomas Diethe, <http://www.mbmlbook.com>, 2019

"Probabilistic Graphical Models", Daphne Koller and Nir Friedman, 2009

"Pattern Recognition and Machine Learning", Christopher Bishop, 2011

"Bayesian Reasoning and Machine Learning2, David Barber, 2015

Mapa IV - Projeto de Engenharia e Ciência de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Projeto de Engenharia e Ciência de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Science and Engineering Project

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semiannual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

324

4.4.1.5. Horas de contacto:*T-30; PL-30; O-2***4.4.1.6. ECTS:**

12

4.4.1.7. Observações:*<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Mário Alberto Costa Zenha Relá***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Marco Vieira, Bruno Cabral***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

O aluno deverá ser capaz de perceber porque razão a complexidade de grandes sistemas de processamento de dados exige uma abordagem de engenharia e as diversas formas de organizar as pessoas e actividades para o desenvolvimento de um produto de qualidade, nomeadamente abordagens lineares, iterativas e incrementais. Deverá ainda ser capaz de perceber as diferenças entre elas e escolher a(s) mais indicada(s) em função do contexto concreto do projecto. Deverá também ser capaz de usar técnicas e artefactos genéricos de gestão de projecto (diagramas Gantt e PERT/CPM, análise de riscos...). Deverá ser capaz de descrever aspectos centrais do artefacto de software a desenvolver usando a notação UML. Finalmente, deverá ser capaz de integrar conhecimentos previamente adquiridos nas outras disciplinas do curso.

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

The student must understand why the complexity of big data systems requires an engineering approach and the different ways to organize the people and activities required to develop a product with quality, namely waterfall, linear and iterative approaches. He or she must understand the differences between them and which one(s) are more adequate for a specific usage context. The student must also be able to use the most common project management techniques, namely PERT/CPM, Gant, Risk analysis and others. The student must be able to describe core aspects the software artifact to be developed using UML modelling formalism. Finally, the student must be able to integrate concepts acquired in the previous courses of the program.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução à Engenharia de software. A natureza do software. Tipos de software. Qualidade do software.

2. Introdução ao processo de desenvolvimento de software. Recolha e análise de requisitos. Projeto. Implementação. Teste. Processo de desenvolvimento em cascata. Desenvolvimento iterativo e evolutivo.

3. Introdução à gestão de projectos. Actividades de gestão. Planeamento do projecto. Escalonamento do projecto. Diagramas PERT/CPM. Diagramas de Gantt. Gestão de risco em projectos de software. Identificação, análise, planeamento e monitorização de riscos.

4. Linguagem UML Diagramas de casos de uso. Diagramas de classes. Diagramas de objectos. Diagramas de interacção. Diagramas de sequência. Diagramas de actividades. Diagramas de estados. Diagramas de instalação. Mapeamento de diagramas UML em código.

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction to Software Engineering. The nature of software. Kinds of software. Quality of software.

2. Introduction to software development process. Requirements elicitation and analysis. Design. Implementation. Software testing. Waterfall development. Iterative and evolutive development.

3. Introduction to project management. Management activities. Project planning. Project scheduling. PERT/CPM and Gantt diagrams. Risk managements in software projects. Risk identification, analysis, planning and monitoring.

4. UML Language Use case diagrams. Class diagrams. Object diagrams. Interaction diagrams. Sequence Diagrams. Activity diagrams. State diagrams. Deployment diagrams. Mapping UML into code.

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

O tópico 1 apresenta os principais problemas enfrentados pelo desenvolvimento de software. O tópico 2 apresenta as principais fases e processos utilizados no desenvolvimento de software. O tópico 3 descreve técnicas para gestão de projetos. A UML é apresentada no tópico 4, junto com a sua implementação usando linguagens orientadas a objetos.

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

Topic 1 introduces the main problems facing software development. Topic 2 presents the main phases and processes used in software development. Topic 3 describes techniques for project management. UML is presented in topic 4, along with its implementation using object-oriented languages.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aprendizagem baseada num projecto de dimensão moderada. Os alunos têm de desenvolver um produto na área da engenharia e ciência de dados ao longo do semestre utilizando os conceitos, metodologias e técnicas leccionadas nas aulas teóricas, com um desfasamento de uma a duas semanas relativamente aos entregáveis. Estes entregáveis focam-se nos artefactos clássicos de engenharia de software (requisitos, mockups, arquitectura e design, plano de qualidade,...), enquanto as aulas laboratoriais visam avaliar a correcta utilização de processos que gara

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Project based learning, using a medium-sized software project. Students have to develop a product (in the data science and engineering area) during the semester using concepts, tools and methodologies presented during the lectures a week or two before the deliverables are due. These deliverables focus on the software engineering artifacts (requirements, mockups, architecture and design, quality plan,...), while the laboratory classes focus on assessing the correct usage of processes to ensure the visibility and quality of the work performed.

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

A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas. Com o conhecimento e a compreensão das matérias leccionadas nas aulas teóricas e os exercícios resolvidos nas aulas teórico-práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e da competência em análise e síntese. Procura-se ainda que os alunos adquiram competências em trabalho em grupo que lhes permitam resolver problemas complexos através da colaboração e divisão de tarefas. A escrita do relatório e a reflexão sobre o processo de desenvolvimento do projecto de software criam as condições para que os alunos adquiram competências em aprendizagem autónoma e em comunicação escrita.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature. With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the theoretical-practical classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and analysis and synthesis. In the laboratory classes, with the development of a software project, students can integrate the knowledge acquired in classes. Students can obtain skills of group working so they can solve complex problems by cooperation and task delegation. The reflections about the software development process and the writing of the project reports build up, in the students, competencies in autonomous learning and written communication.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Software Engineering, Global Edition, by Ian Sommerville, ISBN-13: 978-1292096131, Pearson Education 2015

4.5. Metodologias de ensino e aprendizagem

4.5.1. Adequação das metodologias de ensino e aprendizagem aos objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) definidos para o ciclo de estudos:

A UC garante o alinhamento na definição das Fichas de Unidade Curricular, de forma que os objetivos de aprendizagem, competências, métodos de ensino e avaliação sejam coerentes. O Conselho Científico analisa e valida as FUC e o Conselho Pedagógico analisa e discute estas matérias. Procurou-se ainda garantir a promoção desta adequação através da análise dos resultados dos inquéritos pedagógicos e definição de ações de melhoria, quando aplicável – estes inquéritos avaliam a perceção dos estudantes sobre os resultados da aprendizagem alcançados. Adicionalmente, ainda no âmbito dos inquéritos, os comentários dos estudantes e docentes são analisados e classificados, permitindo a identificação de aspetos a ajustar nas metodologias de ensino e aprendizagem e sua adequação aos objetivos de aprendizagem definidos. Esta informação é utilizada pela Coordenação do C.E. e Direção da UO, para definir e implementar melhorias.

4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:

The University of coimbra guarantees the alignment in the definition of the Curricular Unit Files, ensuring that learning objectives, skills, teaching methods and assessment are consistent. The Scientific Council analyzes and validates the FUC and the Pedagogical Council analyzes and discusses these matters. It was also sought to ensure the promotion of this adequacy by analyzing the results of the pedagogical surveys and defining improvement actions, when applicable - these surveys assess the students' perception of the learning outcomes achieved, and the overall average appraisal of the learning is requested. Additionally, in the scope of the surveys, the comments of the students and teachers are analyzed and classified, allowing the identification of aspects to be adjusted in teaching and learning methodologies and their adequacy to the defined learning objectives. This information is used by the Coordination of the C.E. and Direction of the OU, to define and implement improvements

4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:

A UC procura, desde logo, garantir esta verificação através da análise dos inquéritos pedagógicos a outros ciclos de estudo com unidades curriculares análogas, sendo solicitado a estudantes e docentes que avaliem a adequação da carga de esforço exigida (ligeira, adequada, moderadamente pesada ou excessiva).

4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:

The UC seeks, first, to guarantee this verification through the application of the pedagogical inquiry, and students and teachers are asked to assess the adequacy of the required effort load (whether it was light, adequate, moderately heavy or excessive). Also in terms of qualitative analysis, the comments submitted by students and teachers are analyzed, which allows identifying and acting in situations of possible inadequacy of the necessary effort load.

4.5.3. Formas de garantia de que a avaliação da aprendizagem dos estudantes será feita em função dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os docentes definem a avaliação de acordo com os objetivos de aprendizagem das unidades curriculares que coordenam, considerando os objetivos gerais do

curso. Estes aspetos, bem como a adequação da avaliação aos objetivos encontram-se definidos na ficha da unidade curricular, que é analisada e validada pelo Conselho Científico. A verificação desta coerência é feita em reuniões com o corpo docente e discente e reuniões do Conselho Pedagógico, permitindo a identificação de aspetos a ajustar nas metodologias de avaliação e a sua adequação aos objetivos de aprendizagem definidos.

4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:

Teachers define the assessment according to the learning objectives of the curricular units, considering the general objectives of the course. These aspects, as well as the adequacy of the evaluation to the objectives are defined in Curricular Unit Files, which is analyzed and validated by the Scientific Council. This consistency is verified in meetings with faculty and students and Pedagogical Council meetings, allowing the identification of aspects to be adjusted in the evaluation methodologies and their suitability to the defined learning objectives.

4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):

A estratégia pedagógica a implementar na Licenciatura em Engenharia e Ciência dos Dados recorre à experiência secular da Universidade de Coimbra na formação avançada. Em particular serão seguidas estratégias de ensino direto e indireto por recurso, respectivamente, a abordagens expositivas e a contextos enquadradores e motivadores por forma a conferir as competências fundamentais (sólidos conhecimentos e a sua operacionalização em contextos reais, espírito crítico, trabalho de equipa e curiosidade pelos avanços científicos na área da Ciência e dos Dados)

4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):

The pedagogical strategy to be followed inside the Degree in Engineering and Data Science is based on the secular experience of the University of Coimbra in advanced training. In particular, direct and indirect teaching strategies will be followed using, respectively, expository approaches and as well as motivating contexts to induce the acquisition of essential skills and competences, i.e., fundamental knowledge in engineering and data science and their operationalization in real contexts, scientific reasoning, teamwork and curiosity for advancements in Data Science.

4.6. Fundamentação do número total de créditos ECTS do ciclo de estudos

4.6.1. 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 DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto:

A licenciatura em Engenharia e Ciência dos Dados totaliza 180 créditos com uma duração de seis semestres, cumprindo o previsto no artigo 9º do Decreto-Lei nº 74/2006, na sua redação atual. A atribuição do número de créditos a cada unidade curricular foi efetuada tendo por base a experiência acumulada na lecionação das diversas unidades curriculares dos cursos atualmente oferecidos nos departamentos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra – FCTUC associados a esta proposta, tendo em atenção as boas práticas de instituições de referência de ensino universitário do espaço europeu na mesma área, boas práticas essas refletidas no documento interno da FCTUC “Aplicação do novo sistema de créditos ECTS aos cursos da Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2/05/2006”.

4.6.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles 8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of DL no. 74/2006, republished by DL no. 65/2018, of August 16th:

The degree in Engineering and Data Science totals 180 credits with a duration of six semesters, fulfilling the provisions of article 9 of Decree-Law no. 74/2006, in its current wording. The assignment of the number of credits to each curricular unit was made based on the accumulated experience in the teaching of the various curricular units of the courses currently offered in the Faculty of Sciences and Technology of the University of Coimbra - FCTUC departments associated to this proposal, taking into account the good practices of European educational institutions of reference in the same area, and reflected in the internal document of the FCTUC "Application of the new system of ECTS credits to the courses of the Faculty of Sciences and Technology, 2/05/2006."

4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

O cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares teve por base a experiência e o conhecimento dos docentes envolvidos nesta proposta, resultantes das edições anteriores de outros cursos ministrados nos departamentos da FCTUC associados a esta proposta. Optou-se pela equivalência de 1 ECTS a cada 27 horas efetivas de trabalhos por parte dos alunos, tal como proposto no artigo 4º do «Regulamento de Aplicação do Sistema de Créditos

Curriculares aos Cursos da Universidade de Coimbra».

No final de todos os anos letivos a carga efetiva de trabalho de cada unidade curricular é aferida e reavaliada tendo por base os resultados de inquéritos pedagógicos feitos a alunos e docentes pela Universidade de Coimbra e pela realização de Jornadas Pedagógicas com a participação dos estudantes. Como base nesta análise são programadas para o ano letivo seguinte as cargas de trabalho e os processos de avaliação de todas as unidades curriculares.

4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

The calculation of the number of ECTS credits of the curricular units was based on the experience and knowledge of the teachers involved in the proposal, resulting from previous editions of other degrees from the FCTUC departments associated with this proposal. The choice of an equivalence of 1 ECTS for each 27 effective hours of work by the students, is proposed in article 4 of the «Regulations for the Application of the Curricular Credit System to the Courses of the University of Coimbra».

At the end of each academic year, the effective workload of each curricular unit is assessed and re-evaluated based on the results of pedagogical inquiries made to students and teachers by the University of Coimbra and by conducting Pedagogical Workshops with the participation of students. Based on this analysis, the workload and evaluation processes of all curricular units are planned for the next academic year.

4.7. Observações

4.7. Observações:

<sem resposta>

4.7. Observations:

<no answer>

5. Corpo Docente

5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

Jorge Manuel Oliveira Henriques do Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra coadjuvado pela Comissão de Curso composta pelos docentes Paulo de Carvalho do Departamento de Engenharia Informática, João Gouveia do Departamento de Matemática, Paulo Peixoto do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Fernando Nogueira do Departamento de Física e Marco Reis do Departamento de Engenharia Química, nos termos do nº 6 do art. 5 do RAUC.

Jorge Manuel Oliveira Henriques of the Department of Informatics Engineering of the FCTUC, assisted by the Course Committee composed by Professors Paulo de Carvalho of the Department of Computer Engineering, João Gouveia of the Department of Mathematics, Paulo Peixoto of the Department of Electrical and Computer Engineering, Fernando Nogueira of the Department of Physics and Marco Reis of the Department of Chemical Engineering, according to paragraph 6 of art. 5 of the RAUC.

5.3 Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)

5.3. Equipa docente do ciclo de estudos / Study programme's teaching staff

| Nome / Name | Categoria / Category | Grau / Degree | Especialista / Specialist | Área científica / Scientific Area | Regime de tempo / Employment regime | Informação/ Information |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Marco Paulo Seabra dos Reis | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Engenharia Química | 100 | Ficha submetida |
| Gonçalo Nuno Travassos Borges Alves da Pena | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Marta Margarida Braz Pascoal | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Adérito Luís Martins Araújo | Professor Associado ou equivalente | Doutor | | Applied Mathematics | 100 | Ficha submetida |
| João Eduardo da Silveira Gouveia | Professor Associado ou equivalente | Doutor | | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Jorge Manuel Sentieiro Neves | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Fernando Manuel da Silva Nogueira | Professor Associado ou equivalente | Doutor | | Física | 100 | Ficha submetida |
| Sandra Filipa Morais de Figueiredo Marques Pinto | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Cristina Maria Tavares Martins | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Fernando Jorge Penousal Martins Machado | Professor Associado ou equivalente | Doutor | | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| António Dourado Pereira Correia | Professor Catedrático ou equivalente | Doutor | | Automatique | 100 | Ficha submetida |
| Bruno Miguel Brás Cabral | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| César Alexandre Domingues Teixeira | Professor Associado ou equivalente | Doutor | | Engenharia Electrónica e Computação | 100 | Ficha submetida |
| Hugo Ricardo Gonçalo Oliveira | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Fernando Amílcar Bandeira Cardoso | Professor Catedrático ou equivalente | Doutor | | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Luís Miguel Machado Lopes Macedo | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Marília Pascoal Curado | Professor Associado ou equivalente | Doutor | | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Carlos Eduardo Delgado Cerqueira | Professor Auxiliar convidado ou equivalente | Mestre | | Economia | 50 | Ficha submetida |
| Tiago José dos Santos Martins da Cruz | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Marco Paulo Amorim Vieira | Professor Catedrático ou equivalente | Doutor | | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Jorge Manuel Oliveira Henriques | Professor Associado ou equivalente | Doutor | | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Ernesto Jorge Fernandes Costa | Professor Catedrático ou equivalente | Doutor | | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Alexandre Libório Dias Pereira | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | | Direito Ciências Jurídico-Empresariais | 100 | Ficha submetida |

| | | | | | |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|--------|----------------------------------------------|-------------|---------------------------------|
| Paulo Fernando Pereira de Carvalho | Professor Associado ou equivalente | Doutor | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Bernardete Martins Ribeiro | Professor Catedrático ou equivalente | Doutor | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Filipe João Boavida de Mendonça Machado de Araújo | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Carlos Manuel Robalo Lisboa Bento | Professor Associado ou equivalente | Doutor | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Fernando Manuel dos Santos Perdigão | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | Engenharia Eletrotécnica | 100 | Ficha submetida |
| Luis Alberto da Silva Cruz | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | Electrical, Computer and Systems Engineering | 100 | Ficha submetida |
| Mário Alberto da Costa Zenha Relá | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | Engenharia Electrotécnica | 100 | Ficha submetida |
| João Nuno Lopes Barata | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Pedro Nuno San-Bento Furtado | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Paulo Alexandre Ferreira Simões | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| Rui Pedro Pinto de Carvalho e Paiva | Professor Auxiliar ou equivalente | Doutor | Engenharia Informática | 100 | Ficha submetida |
| | | | | 3350 | |

<sem resposta>

5.4. Dados quantitativos relativos à equipa docente do ciclo de estudos.

5.4.1. Total de docentes do ciclo de estudos (nº e ETI)

5.4.1.1. Número total de docentes.

34

5.4.1.2. Número total de ETI.

33.5

5.4.2. Corpo docente próprio - Docentes do ciclo de estudos em tempo integral

5.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos em tempo integral.* / "Full time teaching staff" – number of teaching staff with a full time link to the institution.*

| Corpo docente próprio / Full time teaching staff | Nº / No. | Percentagem / Percentage |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------|
| Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution: | 33 | 98.507462686567 |

5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor

5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor* / "Academically qualified teaching staff" – staff holding a PhD*

| 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 holding a PhD (FTE): | 33 | 98.507462686567 |

5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / "Specialised teaching staff" of the study programme.

| 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 holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme | 31 | 92.537313432836 | 33.5 |
| Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme | 0 | 0 | 33.5 |

5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente.

5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente. / Stability and development dynamics of the teaching staff

| 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 / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years | 33 | 98.507462686567 | 33.5 |
| Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year | 0 | 0 | 33.5 |

Pergunta 5.5. e 5.6.

5.5. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

O procedimento de avaliação dos docentes da UC tem por base o disposto no "Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes da Universidade de Coimbra". A avaliação do desempenho dos docentes da UC é efetuada relativamente a períodos de três anos e tem em consideração quatro vertentes: investigação; docência; transferência e valorização do conhecimento; gestão universitária e outras tarefas.

O processo de avaliação compreende cinco fases (autoavaliação, validação, avaliação, audiência, homologação). O resultado final da avaliação de cada docente é expresso numa escala de quatro posições: excelente, muito bom, bom e não relevante.

Antes de cada novo ciclo de avaliação, cada UO define, para as suas áreas disciplinares, o conjunto de parâmetros que determinam os novos objetivos do desempenho dos docentes e cada uma das suas vertentes, garantindo, assim, permanente atualização do processo.

5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

The academic staff performance evaluation procedures of the University of Coimbra (UC) are set in the “UC’s Regulation for Teacher Performance Evaluation” – regulation no. 398/2010, published on May 5, and amended on May 17. This regulation establishes the mechanisms to identify the teacher performance goals for each evaluation period. It clearly states the institution’s vision across its different levels and simultaneously outlines a clear reference board to value the teachers’ activities with the goal of improving their performance. Before a new evaluation cycle, each OU identifies for its subject areas a set of parameters that define the new teacher performance goals and their components, thus ensuring the continuous updating of this process.

5.6. Observações:

<sem resposta>

5.6. Observations:

<no answer>

6. Pessoal Não Docente

6.1. Número e regime de tempo do pessoal não-docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.

O pessoal não docente do Departamento de Engenharia Informática, consiste de 5 titulares de licenciaturas universitárias e 4 funcionários titulares do Ensino Secundário ou menos. Estes funcionários asseguram a gestão da infraestrutura informática e a gestão dos laboratórios de apoio à licenciatura. Garantem o apoio administrativo, logístico e atendimento geral dos alunos, e facultam a administração bibliográfica de suporte ao curso.

Para além deste pessoal não docente, o curso poderá contar com o apoio do pessoal não docente afeto aos Departamentos de Engenharia Electrotécnica e de Computadores (2 com licenciatura, 5 com habilitações inferiores), Física (3 com licenciatura ou mais, 7 com habilitações inferiores) e Matemática (4 com licenciatura, 6 com habilitações inferiores).

A dedicação do pessoal não docente é partilhada pelas várias formações académicas ministradas pelo Departamento, sendo feita de acordo com as necessidades de cada uma delas.

6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.

The non-academic staff of the Department of Informatics Engineering consists of 5 holders of a Bachelor’s degree and 4 holders of a High School Diploma or less. This staff ensures the management of the informatics infrastructure and the management of the offices of support to the Masters. They guarantee the administrative, logistical support and general support to students. They also manage the bibliographical support to the degree.

Besides this staff, the degree may count with the support of the nonacademic staff of the Departments of Electrical and Computer Engineering (2 with Bachelor’s degree, 5 without), Physics (3 with Bachelor’s degree or more, 7 without) and Mathematics (4 with Bachelor’s degree, 6 without).

The dedication of the nonacademic staff is shared by the various study cycles in which these Departments have responsibilities, according to their particular needs of each.

6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.

Departamento de Engenharia Informática: técnico superior - 5; assistente técnico - 4

Estes funcionários asseguram a gestão da infraestrutura informática e a gestão dos laboratórios de apoio à licenciatura. Garantem o apoio administrativo, logístico e atendimento geral dos alunos, e facultam a administração bibliográfica de suporte ao curso.

Departamentos de Engenharia Electrotécnica e de Computadores: técnico superior - 2; assistente técnico - 5

Departamento de Física: técnico superior - 3; assistente técnico - 7

Departamento de Matemática: técnico superior - 4; assistente técnico - 6

6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.

Department of Computer Engineering: senior technician - 5; technical assistant - 4

These staff manage the IT infrastructure and manage the undergraduate support laboratories. They guarantee the administrative, logistic support and general attendance of the students, and provide the bibliographic administration to support the course.

Departments of Electrical and Computer Engineering: senior technician - 2; technical assistant - 5

Physics Department: senior technician - 3; technical assistant - 7

Mathematics Department: senior technician - 4; technical assistant - 6

6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

O SIADAP foi estabelecido pela Lei n.º 66-B/2007, de 28 de dezembro, sendo aplicável ao desempenho dos serviços públicos, dos respetivos dirigentes e demais trabalhadores.

O Subsistema de Avaliação do Desempenho dos Trabalhadores da Administração Pública (SIADAP 3) tem carácter bienal e respeita ao desempenho dos dois anos civis anteriores, iniciando-se o processo com a contratualização dos parâmetros de avaliação e culmina com o conhecimento da homologação da avaliação.

Para além do efeito da alteração do posicionamento remuneratório, consequência da avaliação, o SIADAP também prevê a frequência de ações de formação, e a UC pretende o SIADAP como instrumento para criar a reflexão estratégica e estimular um envolvimento de todos os trabalhadores, quer na definição dos objetivos individuais, quer na definição dos objetivos estratégicos da organização, capaz de permitir a identificação e proposta de oportunidades de evolução profissional.

6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development

SIADAP was established by Law no. 66-B / 2007, of December 28, and is applicable to the performance of the public services, of its directors and other employees.

The Public Administration Employees Performance Assessment Subsystem (SIADAP 3) is biennial and respects the performance of the previous two calendar years, beginning the process with the contracting of the evaluation parameters and culminating with the knowledge of the approval of the evaluation.

In addition to the effect of altering the remuneration position, as a consequence of the evaluation, SIADAP also provides for the frequency of training actions, and the UC intends SIADAP as a tool to create strategic reflection and stimulate the involvement of all workers, both in the definition of individual objectives, or in defining the strategic objectives of the organization, capable of identifying and proposing opportunities for professional development.

7. Instalações e equipamentos

7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):

A maioria da atividade do ciclo de estudos terá lugar no Departamento de Engenharia Informática, onde partilhará com os restantes ciclos de estudo da responsabilidade do DEI os espaços disponíveis, incluindo:

-30 Salas de aulas

-2 Anfiteatros

-5 Salas de Estudo

-Salas de computadores

-19 Laboratórios

- Gabinetes

- Salas de reuniões

-Bar

Poderão ser ainda utilizadas as salas de aula comuns do Edifício Central da FCTUC

- 3 Anfiteatros

-12 Salas de aulas

Estarão ainda disponíveis para apoio eventual ao ciclo de estudos as instalações dos outros departamentos nele envolvidos. Estas incluem a título ilustrativo:

- Biblioteca do DMUC

- Laboratórios do DEEC nomeadamente o Laboratório de Computação Heterogénea de Alto Desempenho e o Laboratório de Sistemas Digitais

7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):

The majority of the activities of the study cycle will take place at the Department of Informatics Engineering, where it will share the available facilities with the other cycles of study of the responsibility of DEI. The facilities include:

- 30 Lecture rooms
- 2 Amphitheatres
- 5 Study rooms
- Computer rooms
- 19 Laboratories
- Offices
- Meeting rooms

The cycle can also use the common lecture rooms of the Central Building of FCTUC:

- 3 Amphitheatres
- 12 Lecture rooms

Also available to eventual support to the cycle of studies are the facilities of other departments involved. As an example, these include:

- Library of DMUC
- Laboratories of DEEC, namely the Heterogeneous High Performance Computing Lab and the Digital Systems Lab.

7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

O equipamento do DEI que será utilizado pelo ciclo de estudos inclui:

Routers para suporte da rede do DEI: 4

Servidores Linux: 27

Servidores Windows: 3

Servidor Apple XServer: 1

Servidores de máquinas Virtuais- nós de virtualização: 8

Terminais: 69

Routers Cisco 1700: 12

Switches 3Com 4200: 6

Access Points Linksys: 12

PC com Windows XP e Linux Fedora: 36

Apple iMac: 12

Salas de videoconferência com suporte de IP: 2

Pontos de acesso a Internet físicos 850

Equipamentos de projecção 35

Para além disso, poderão ser ocasionalmente utilizados meios de outros departamentos:

- No DEEC, o Laboratório de Computação Heterogénea de Alto Desempenho e o Laboratório de Sistemas Digitais com 20 PCs com capacidade de processamento gráfico cada (Placas Gráficas GTX1050TI)

- O CFisUC, gestor do LCA, possui um sistema computacional de alto desempenho de desenvolvimento (Centaurus), constituído por 23 nós de computação, (184 núcleos) com memória RAM de 992 GB e 16 TB de armazenamento partilhado.

7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

The equipment of DEI to be used by the study cycle includes:

DEI network support routers: 4

Linux Servers: 27

Windows Server: 3

Apple XServer: 1

Virtual machine servers – virtualization nodes: 8

Terminals: 69

Routers Cisco 1700: 12

Switches 3Com 4200: 6

Access Points Linksys: 12

PC with Windows XP and Linux Fedora: 36

Apple iMac: 12

Videoconference room with IP support: 2

Physical internet access points: 850

Projectors: 35

Besides these, the equipment of other departments might occasionally be used:

- At DEEC the Heterogeneous High Performance Computing Lab and the Digital Systems Lab with 20 PCs with graphical processing capacity each (Graphic cards GTX1050TI)

- CFisUC, manager of LCA, owns a high performance computational system (Centaurus) with 23 computing nodes (184 cores) with total RAM memory of 992GB and 16TB of shared storage.

8. Atividades de investigação e desenvolvimento e/ou de formação avançada e desenvolvimento profissional de alto nível.

8.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica

8.1. 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 teaching staff develops its scientific activity

| Centro de Investigação / Research Centre | Classificação (FCT) / Classification FCT | IES / HEI | N.º de docentes do CE integrados / Number of study programme teaching staff integrated | Observações / Observations |
|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| CISUC | Very Good | UC | 19 | - |
| CMUC | Exceptional | UC | 6 | - |
| ISR | Excellent | UC | 1 | - |
| INESC Coimbra | Good | UC | 1 | - |
| IT | Very Good | UC | 2 | - |
| CFisUC | Fair | UC | 1 | - |
| LIP | Very Good | UC | 1 | - |
| CIEPQPF | Very Good | UC | 1 | - |

Pergunta 8.2. a 8.4.

8.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, em revistas de circulação internacional com revisão por pares, livros ou capítulos de livro, relevantes para o ciclo de estudos, nos últimos 5 anos.

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/ef0a3960-bfd7-a11f-030c-5d9b10e9865e>

8.3. Mapa-resumo de atividades de desenvolvimento de natureza profissional de alto nível (atividades de desenvolvimento tecnológico, prestação de serviços ou

formação avançada) ou estudos artísticos, relevantes para o ciclo de estudos:

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/high-level-activities/formId/ef0a3960-bfd7-a11f-030c-5d9b10e9865e>

8.4. 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.

A equipa docente deste ciclo de estudos está envolvida ativamente num enorme número de projetos de investigação. Entre os vários centros de investigação a que estão afetos, contam-se perto de uma centena de projetos ativos ou recentemente terminados, muitos envolvendo cooperação internacional e/ou participação da indústria.

Em termos de parcerias institucionais são de destacar as parcerias no âmbito dos programas Portugal-CMU, MIT, e Texas/Austin, cooperações bilaterais com várias universidades brasileiras, e a participação ativa nos programas de mobilidade Erasmus, MAUI, Leonardo, etc. Estas parcerias trazem à FCTUC um número significativo de docentes, alunos e investigadores externos, fornecendo aos alunos um contexto internacional de aprendizagem.

São de referir ainda a nível de parcerias científicas relevantes para a área a existência de um “GPU Research Center” certificado pela NVIDIA no IT-UC, e a participação nas redes científicas internacionais ECMI, ENBIS e PRACE.

8.4. List of main projects and/or national and international partnerships underpinning the scientific, technologic, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme.

The faculty of this study cycle is actively involved in a great number of research projects. Between the various research centers to which they belong, one can count close to a hundred ongoing or recently finished projects, many involving international collaboration and/or industry participation.

In terms of institutional partnerships, we highlight those in the framework of the CMU-Portugal program, MIT, and Texas / Austin, bilateral cooperation agreements with several Brazilian, and active participation in the Erasmus mobility programs, MAUI, Leonardo, etc. These partnerships and collaborations bring to FCTUC quite a significant number of teachers, students and external researchers, providing our students with an international learning environment.

Of note are also several scientific partnerships relevant to the area, such as the existence of an NVIDIA certified “GPU Research Center” at IT-UC, and the participation at the international scientific networks ECMI, ENBIS and PRACE.

9. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

9.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por ciclo de estudos similares com base em dados oficiais:

Sendo uma nova oferta formativa, não existe ainda histórico de dados que permita o apuramento estatístico retrospectivo da empregabilidade dos graduados. Porém, estudos realizados por entidades idóneas e o número crescente de ofertas de emprego na área da ECD são reveladores de um padrão robusto de procura deste tipo de profissionais. “Data scientist” foi mesmo considerado o melhor emprego nos EUA em 2019 pela glassdoor e aparece em primeiro lugar no ranking do LinkedIn. De acordo com o estudo realizado pela EU[1] prevê-se que existam 10.43 milhões de pessoas envolvidas na análise de dados em 2020, correspondendo a uma taxa de crescimento anual de 14,1%. Muito relevante é a estimativa que irá existir nesse mesmo ano um défice de 769 000 lugares a preencher, por falta de pessoas com formação necessária em áreas centradas nos dados.

[1] <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/final-results-european-data-market-study-measuring-size-and-trends-eu-data-economy> (consulta 31-05-2019)

9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:

As a new course offer in Portugal, there is still no historical data available to support a retrospective statistical analysis of graduates’ employability. However, studies carried out by several entities and the increasing number of job offers in the area of Data Science and Engineering are revealing of clear and robust pattern of increasing demand for this type of professionals. “Data scientist” was considered the best job in the US in 2019 by glassdoor and appears ranking first in LinkedIn. As EU study [1] foresees that 10.43 million people will be involved in data analysis in 2020 (compound average growth rate of 14.1%). Very significant is the estimate of 769,000 unfilled jobs in that year, due to the lack of professionals with the necessary skills in data-centric areas.

[1] <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/final-results-european-data-market-study-measuring-size-and-trends-eu-data-economy> (consulta a 31-05-2019)

9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

A procura elevada de profissionais com competências transversais em Engenharia e Ciências dos Dados por parte do tecido empresarial, associada às boas condições de trabalho e oferta remuneratória competitiva, terá certamente um efeito sensível nas decisões dos estudantes à entrada do ensino superior. A experiência da FCTUC no lançamento de cursos ajustados às tendências do mercado (como são os casos mais recentes de Design e Multimédia e Engenharia e Gestão Industrial) e as competências nela existentes asseguram que tal oportunidade será concretizada com eficácia.

9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

The demand on professionals with transversal skills on Data Science Engineering and its continuous increase, together with the competitive average salary offered on in this field, will certainly have a sensible effect on students' decisions when selecting the course they will enroll. FCTUC's experience in launching courses in line with market trends (such as the most recent cases of Design and Multimedia and Industrial Engineering) and the skills therein, ensure that such an opportunity will be realized effectively.

9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

Programa "Almeida Garrett", com 14 instituições públicas de ensino superior nacionais, que permite que os estudantes efetuem um período de estudos de um ou dois semestres numa outra Universidades Portuguesas, nomeadamente:

Universidade dos Açores

Universidade de Aveiro

Universidade do Algarve

Universidade da Beira Interior

Universidade de Évora

Universidade de Lisboa

Universidade da Madeira

Universidade do Minho

Universidade Nova de Lisboa

Universidade do Porto

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

ISCTE

9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

Program "Almeida Garrett", with 14 national Higher Education Institutions, which allows students to carry out a period of studies of one or two semesters in another Portuguese University, namely:

University of Azores

University of Aveiro

University of Algarve

University of Beira Interior

University of Évora

University of Lisbon

University of Madeira

University of Minho

New University of Lisboa

University of Porto

University de Trás-os-Montes e Alto Douro

ISCTE

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:

Universidade Politécnica de Valencia, Espanha, Licenciatura em Ciência dos Dados
<https://www.upv.es/titulaciones/GCD/indexi.html>

Eindhoven University of Technology (TU/e), Holanda, Licenciatura em Ciência dos Dados
<https://www.tue.nl/en/education/bachelor-college/bachelor-data-science/>

IT University of Copenhagen, Dinamarca, Licenciatura em Ciência dos Dados
<https://en.itu.dk/programmes/bsc-programmes/data-science>

Universidade de Essex, Inglaterra, Licenciatura em Ciência e Análise dos Dados
<https://www.essex.ac.uk/courses/ug01034/1/bsc-data-science-and-analytics>

Universidade de Warwick, Inglaterra, Licenciatura em Ciência dos Dados
<https://warwick.ac.uk/fac/sci/statistics/courses/datsci/>

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

Universitat politecnica de Valencia, Spain, Bachelor's Degree in Data Science
<https://www.upv.es/titulaciones/GCD/indexi.html>

Eindhoven University of Technology (TU/e), Netherlands, Bachelor Data Science
<https://www.tue.nl/en/education/bachelor-college/bachelor-data-science/>

IT University of Copenhagen, Denmark, BSc in Data Science
<https://en.itu.dk/programmes/bsc-programmes/data-science>

University of Essex, England, Bachelor's Degree in Data Science and Analytics
<https://www.essex.ac.uk/courses/ug01034/1/bsc-data-science-and-analytics>

University of Warwick, England, Bachelor's Degree in Data Science
<https://warwick.ac.uk/fac/sci/statistics/courses/datsci/>

10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

O ciclo de estudos proposto tem uma duração e estrutura semelhantes aos ciclos de estudos das Instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior mencionadas no ponto anterior. Os objetivos de aprendizagem em termos de conhecimento, aptidões e competências são análogos podendo haver algumas diferenças que se justificam pela especificidade do corpo docente afeto a esta proposta em algumas áreas de especialização/aplicação. Procurou dar-se resposta às necessidades em termos de formação de uma área que de acordo com a União Europeia vai criar em 2020 cerca de 100,000 novos postos de trabalho.

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

The proposed study cycle has a duration and structure similar to the study cycles of institutions of reference of the European Space of Higher Education mentioned in the previous point. The learning objectives in terms of knowledge, skills and competences are similar, although there may be some differences that are justified by the specificity of the faculty staff affected by this proposal in some areas of specialization/application. Since according to the European Commission around 100,000 new data-related jobs will be created in Europe by 2020, this proposal tried to identify objectives and competencies to respond to this need.

11. Estágios e/ou Formação em Serviço

11.1. e 11.2 Estágios e/ou Formação em Serviço

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

<sem resposta>

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

11.2. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. 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:

Não aplicável

11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:

Not applicable

11.4. Orientadores cooperantes

11.4.1. 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).

11.4.1 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>

11.4.2. 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 / Name | Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution | Categoria Profissional / Professional Title | Habilitação Profissional (1)/ Professional qualifications (1) | Nº de anos de serviço / Nº of working years |
|----------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|----------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|

<sem resposta>

12. Análise SWOT do ciclo de estudos

12.1. Pontos fortes:

- **Forte motivação e competência para responder às necessidades de formação em Ciência e Engenharia dos Dados**
- **Capacidade de atrair estudantes em território Nacional e Internacional (em particular de países de língua oficial portuguesa)**
- **Imagem e credibilidade internacionalmente consagrada da Universidade de Coimbra**
- **Corpo docente com uma vasta experiência de lecionação na área**
- **Multidisciplinaridade do corpo docente, em particular pela participação de diversos departamentos da Universidade de Coimbra**
- **Qualidade no ensino/aprendizagem e na avaliação;**
- **Corpo docente com uma relevante e reconhecida participação em projetos de investigação fundamental e aplicada ligados à Ciência e Engenharia dos Dados**
- **Desenvolvimento de investigação de excelência em Ciência e Engenharia dos Dados, visível nos vários prémios internacionais alcançados**
- **Infra-estruturas de TIC de elevada qualidade;**
- **Extensa rede de parcerias, entre as quais empresas, hospitais, e centros de investigação de referência**
- **Existência de um conjunto significativo de organizações na região (empresas de base tecnológica, de software, hospitais, etc), capazes de suportar e justificar as necessidades do ciclo de estudos**
- **Existência de várias empresas do tecido nacional e internacional na área da Ciência e Engenharia dos Dados Spin-offs dos centros de investigação da Universidade de Coimbra**
- **Possibilidade de aceder a bases de dados relevantes e reais**
- **Licenciatura capaz de proporcionar aos estudantes conhecimentos de base sólidos em Ciência e Engenharia dos Dados**
- **Primeira oferta educativa nacional alinhada com as melhores práticas internacionais**
- **Permite desenvolver um espectro alargado de competências para o prosseguimento de estudos para o 2º ciclo (Mestrado) e para a eventual iniciação à prática profissional.**

12.1. Strengths:

- **Strong motivation to respond to the training needs in Data Science and Engineering**
- **Ability to attract national and international students (particularly from Portuguese speaking countries)**
- **University of Coimbra renowned image and credibility**
- **Faculty with a wide experience on the subject**
- **Multidisciplinary of the faculty, in particular by the participation of several departments from the University of Coimbra**
- **Faculty with relevant and recognized participation in fundamental and applied research projects related to Data Science and Engineering**
- **Development of research of excellence in Data Science and Engineering, recognized through the various international awards achieved**
- **High quality ICT infrastructures**
- **Extensive network of partnerships, including companies, hospitals, and research centers of reference**
- **Existence of a significant number of organizations in the region (technology-based companies, software companies, hospitals, etc.) able to support and justify the needs of the degree**
- **Existence of several national and international companies in the area of Science and Data Engineering that are Spin-offs of the research centers of the University of Coimbra**

- **Ability to access significant and real-world data bases**
- **First educational offer at the national level, and in line with international best practices**
- **It allows the development of a broad spectrum of competences for the continuation of studies for the 2nd cycle (Masters) and for the eventual transition to professional practice.**

12.2. Pontos fracos:

- **Infraestrutura tecnológica com algumas limitações para implementar soluções de larga escala**

12.2. Weaknesses:

- **Technological infrastructure with some limitations to implement large scale solutions**

12.3. Oportunidades:

- **A Ciência e Engenharia dos Dados é particularmente relevante nos dias que correm, tendo em conta o potencial dos dados que hoje em dia são coligidos, e o sua análise e processamento na geração de informação com valor económico**
- **Novas áreas de emprego com elevada procura pelo mercado**
- **Reforço de cooperações tanto a nível empresarial, de investigação internacionais, nacionais potenciadas pela participação em redes nacionais**
- **Aumentar a capacidade de atrair um maior número de estudantes tanto nacionais como estrangeiros**
- **Promover o desenvolvimento de uma área nuclear para a indústria, academia e outras organizações, através da formação de profissionais com elevada capacidade para gerar valor acrescentado no processo de investigação, ensino e em produtos resultantes de projetos de desenvolvimento em Ciência e Engenharia dos Dados**

12.3. Opportunities:

- **Data Science and Engineering is particularly relevant these days, taking into account the potential of the data that are nowadays collected, and its analysis and processing in the generation of useful information**
- **New areas of employment with high market demand**
- **Reinforcement of cooperations at both the international, national and corporate levels of research, enhanced by participation in national networks**
- **Increase the capacity to attract students, both national and foreign**
- **Promote the development of a nuclear area for industry, academia and other organizations by training professionals with a high capacity to generate added value in the research, teaching and products resulting from the development of projects in Data Science and Engineering**

12.4. Constrangimentos:

- **Dificuldades relativamente a questões ético/legais na obtenção de dados reais**
- **Necessidade de exploração constante dos mais recentes desenvolvimentos em Ciência e Engenharia dos Dados, tecnologias da informação e comunicação e conteúdos pedagógicos por forma a permitir soluções ajustadas e atualizadas aos problemas reais**
- **Localização geográfica, em comparação com os centros de Lisboa e Porto**

12.4. Threats:

- **Difficulties concerned with ethical / legal issues in using real-world data**
- **The need for constant exploration of the latest developments in Data Science and Engineering, information and communication technologies and pedagogical content in order to allow adjusted and updated solutions to real problems**
- **Geographic location, compared to the Lisbon and Porto centres**

12.5. Conclusões:

A LECD assume um cariz inovador. A nível nacional é uma licenciatura pioneira, adotando abordagens pedagógicas adaptadas à Ciência e Engenharia dos

Dados, conjugando os aspectos teóricos com práticos, indo ao encontro das necessidades reais das organizações na criação de sistemas inteligentes de análise de dados de forma a dar suporte fundamentado à tomada de decisões.

A oferta formativa apresentada no ciclo de estudos vai ao encontro das necessidades do mercado. De acordo com o relatório da EU sobre o emprego nas áreas ligadas às ciências dos dados, vão abrir 100000 posições em 2020 [1]. Assim, a LECD, pretende formar profissionais com capacidade de intervenção tecnológica especializada junto das organizações sobretudo em contextos de pequena e média escala e complexidade baseadas em análise e processamento de dados e de informação.

O Licenciado em LECD deverá estar, portanto, capaz de analisar e compreender com rigor os problemas das organizações na área das ciências e tecnologias dos dados, estando apto para analisar, desenvolver, implementar projetos de investigação, de desenvolvimento e de intervenção tecnológica de pequena e média escala/complexidade, bem como apoiar a implementação de projectos de elevada escala/complexidade que visem produzir soluções especializadas que vão ao encontro das necessidades reais dessas organizações.

A Ciência e Engenharia dos Dados é uma área onde as entidades proponentes, em colaboração com entidades nacionais e internacionais académicas, centros de investigação associados, além de outras organizações (hospitais, empresas, banca, ...) têm vindo a contribuir ativamente seja pela participação em projetos internacionais de investigação, seja ao nível de desenvolvimento de soluções específicas na área. Estes têm contribuído de forma decisiva para a construção de uma equipa sólida do corpo docente nesta área, granjeando, assim, uma elevada reputação nacional e internacional.

Existe atualmente uma oferta limitada em Portugal (somente uma oferta no 1º ciclo) especificamente na área para a qual é aberto o ciclo de estudos. Visa-se assim estabelecer uma oportunidade concreta para a formação em Ciência e Engenharia dos Dados para fazer face, não só à elevada procura no seio das várias organizações, mas também ao nível da investigação fundamental e aplicada. Neste cenário, a criação da LECD vem permitir cobrir uma lacuna na oferta formativa nacional (e mesmo internacional), contribuindo decisivamente para promover a área.

O ciclo de estudos que aqui se apresenta adota uma abordagem que se pretende equilibrada no que diz respeito às subáreas da Ciência e Engenharia dos Dados, conjugando saberes fundamentais e estruturantes, com competências práticas de desenvolvimento de projeto e de realização de investigação.

[1] - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/final-results-european-data-market-study-measuring-size-and-trends-eu-data-economy>

12.5. Conclusions:

The LECD assumes an innovative character. At the national level it is a pioneer degree, adopting pedagogical approaches adapted to the Data Science and Engineering. It combines both the theoretical aspects with practical ones, meeting the real needs of the organizations in the creation of intelligent systems of data analysis to support the decision making process.

The training offered in the study cycle meets the needs of the market. According to the EU report on employment in the areas of data science, there will be 100,000 job openings in 2020 [1]. As such, LECD intends to train professionals with specialized technological intervention capacity in organizations, able to identify opportunities for process improvement and decision making by introducing innovative solutions based on analysis and processing of data and information.

The graduate in Data Science and Engineering should be able to analyze and comprehend the problems of an organizations in the area of data science and technologies, should be able to analyze, develop, implement projects of research, and should be able to develop and intervene from a technological standpoint ito produce solutions that meet the real needs of these organizations.

Data Science and Engineering is an area where the proposing entities, in collaboration with national and international academic institutions, associated research centers, as well as other organizations (hospitals, companies, banking, ...) have been actively contributing either through participation in international research projects, or at the level of development of specific solutions in the area. These have contributed decisively to building a solid faculty team in this area, thus earning a high national and international recognition.

Currently, there is a limited supply in Portugal (nonexistent in for the a Bachelor's degree) specifically in the area for which the cycle of studies is opened. It is intended to provide a concrete opportunity for graduates to specialize in Data Science and Engineering to address not only the high demand within the various organizations but also the demand in fundamental and applied research. In this scenario, the creation of the LECD allows to cover a gap in the national (and even international) training offer, contributing decisively to promote the area.

The study cycle presented here adopts an approach that is intended to be balanced with respect to the sub-areas of Data Science and Engineering, combining fundamental and structuring knowledge with practical skills in project development and research.

[1] - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/final-results-european-data-market-study-measuring-size-and-trends-eu-data-economy>