

NCE/19/1901023 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:

Universidade Do Porto

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

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

Faculdade De Engenharia (UP)

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

1.3. Designação do ciclo de estudos:

Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

1.3. Study programme:

Electrical and Computer Engineering

1.4. Grau:

Licenciado

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

1.5. Main scientific area of the study programme:

Electrical and Computer Engineering

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

523

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:

522

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:

<sem resposta>

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):

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):

6 semesters

1.9. Número máximo de admissões:

380

1.10. Condições específicas de ingresso.

Para acesso ao CE através do Concurso Nacional de Acesso é necessário:

- Ser titular de um curso de ensino secundário, ou de habilitação legalmente equivalente;
- Ter realizado os exames nacionais correspondentes às provas de ingresso exigidas para o ciclo de estudos, definidas pela FEUP, de acordo com a legislação em vigor. Mais concretamente, as provas atualmente exigidas são o exame de “Física e Química” e “Matemática A”;
- Ter obtido em cada uma das provas de ingresso a classificação mínima fixada;
- Ter obtido, na nota de candidatura, a classificação mínima fixada.

Para além do regime acima referido podem verificar-se ainda ingressos no ciclo de estudos através dos seguintes concursos: Regimes Especiais, Concurso Especial de Acesso e Ingresso para Estudantes Internacionais, Reingresso, Mudança de Par Instituição/Curso, Concursos Especiais (Maiores de 23, CET-Cursos de especialização tecnológica, Titulares de Outros Cursos Superiores, Titulares de Diploma de Curso Técnico Superior Profissional).

1.10. Specific entry requirements.

In order to access this study cycle you are required to have:

- a secondary education course, or legal equivalent;
- taken the national examinations corresponding to the necessary admission exams for this study cycle, more specifically “Physics and Chemistry” and “Mathematics A”;
- obtained in each of the admission exams the minimum required classification;
- obtained, in the application grade, the minimum required classification.

In addition to this scheme there are still admissions in the study cycle in the following ways: Candidates aged above 23, technological specialization degree, Holders of a Portuguese Higher Education degree in a Non-suitable Area, Holders of a Portuguese Higher Education degree in an Suitable Area, Programme Changes and Transfers.

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:

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

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

[1.13._Regulamento de Creditação.pdf](#)

1.14. Observações:

A Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores tem como objetivo dotar os estudantes de uma sólida e transversal formação de base no domínio da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (EEC). Terá uma duração de 3 anos (180 ECTS) e a formação será comum para todos os estudantes. Todas as unidades curriculares são obrigatórias, exceto no último semestre, onde cada estudante escolhe 24 ECTS. Quase todas as unidades curriculares têm 6 ECTS. A formação incide prioritariamente em áreas fundamentais da EEC, complementada com uma formação adequada em ciências fundamentais e/ou ciências fundamentais de engenharia, culminando num Projeto Integrador ou Estágio que decorre no último semestre em paralelo com outras unidades curriculares. As áreas consideradas incluem Matemática, Física, Eletromagnetismo, Sinais e Sistemas, Circuitos, Computadores, Eletrónica, Energia, Automação e Telecomunicações. É fortemente estimulado o desenvolvimento de competências transversais (i.e., soft skills), seja através de unidades curriculares destinadas ao efeito, quer no âmbito do funcionamento das demais unidades.

1.14. Observations:

The Licenciatura Degree in Electrical and Computer Engineering aims to provide students with a solid and transversal basic formation in the field of Electrical and Computer Engineering (EEC). It has a duration of three years (180 ECTS) and the contents will be common for all students. All course units are compulsory except in the last semester, when each student chooses four courses out of a group of five. Almost all courses have 6 ECTS. The degree focuses primarily on core areas of EEC, complemented by appropriate training in fundamental sciences and fundamental engineering sciences, and culminating in a Capstone Project, that takes place in the last semester in parallel with other curricular units. The areas addressed in the degree include Mathematics, Physics, Electromagnetism, Signals and Systems, Circuits, Computers, Electronics, Energy, Automation and Telecommunications. The acquisition of transferrable skills (i.e., soft skills) is strongly stimulated, either through curricular units intended for the purpose or within the scope of the other units.

2. Formalização do Pedido

Mapa I - Conselho Científico da FEUP

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da FEUP

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

[2.1.2._Oficio_Criação CC LiEEC.pdf](#)

Mapa I - Conselho Pedagógico da FEUP

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da FEUP

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

[2.1.2._Oficio_Criação CP LiEEC.pdf](#)

Mapa I - Reitor da Universidade do Porto

2.1.1. Órgão ouvido:

Reitor da Universidade do Porto

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

[2.1.2._Aprovacao Reitoral LiEEC.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:

A Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (EEC) da FEUP dotará os estudantes de uma sólida formação de base em EEC, que lhes permitirá: 1) adquirir conhecimentos especializados em ciclos de estudos mais avançados em Automação, Computadores, Eletrónica, Energia ou Telecomunicações; 2) acompanhar a evolução de conhecimentos e tecnologias da EEC ao longo da carreira profissional.

A formação é praticamente igual para todos os estudantes, incidindo em áreas fundamentais da EEC e complementada com uma formação apropriada em ciências fundamentais e/ou ciências fundamentais de engenharia.

Estimulam-se as competências transversais, tanto nas unidades curriculares (UCs) nucleares como através de UCs de competências não-técnicas em engenharia e de um projeto integrador final. No âmbito das UCs, as competências transversais são desenvolvidas em trabalhos e projetos realizados em grupo, apresentações orais, elaboração de relatórios técnicos e organização de sessões técnicas.

3.1. The study programme's generic objectives:

The Degree in Electrical and Computer Engineering (ECE) at FEUP aims to provide students with a solid and transversal basic training in the field of ECE, which allows them to: 1) acquire specialized knowledge in more advanced study cycles in Automation, Computers, Electronics, Energy or Telecommunications; 2) to follow the evolution of ECE knowledge and technologies throughout their career.

The training is the practically identical for all students and focuses on fundamental areas of ECE, complemented with appropriate training in fundamental sciences and / or fundamental engineering sciences.

The development of transferrable skills is stimulated within the core curricular units (CUs), as well as through CUs of non-technical competences in engineering and through a capstone project at the end of the course. Within the CUs, transferrable competences are developed in group work and projects, oral presentations, preparation of technical reports and organization of technical sessions.

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

Os estudantes da LiEEC deverão adquirir uma formação sólida em Matemática (Álgebra, Análise Matemática, Métodos Numérico, Probabilidades e Estatística), Física (Mecânica e Ondas, Termodinâmica e Estrutura da Matéria, Eletromagnetismo); adquirirão uma formação sólida em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores: Análise de Circuitos, Sinais e Sistemas (contínuos e discretos), Teoria do Controlo, Sistemas Digitais e Arquitetura de Computadores, Programação, Instrumentação e Medição, e Sistemas Elétricos de Energia. Os estudantes ficarão aptos a analisar sistemas elétricos e eletrónicos de alguma complexidade, a explicar quantitativamente os seus princípios de funcionamento e a avaliar o respetivo desempenho. Deverão também desenvolver capacidades de conjugar eficazmente diferentes facetas da EEC colaborando em projetos multidisciplinares em EEC. Deverão desenvolver a capacidade de expressão, de trabalho em equipa e de liderança, e adquirir sensibilidade a questões éticas e ambientais.

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

LiEEC students will acquire a solid background in Mathematics (Algebra, Mathematical Analysis, Numerical Methods, Probabilities and Statistics), Physics (Mechanics and Waves, Thermodynamics and Structure of Matter, Electromagnetism). They will also acquire a solid knowledge in Electrical and Computer Engineering: Circuit Analysis, Signals and Systems (continuous and discrete), Theory of Control, Digital Systems and Computer Architecture, Programming, Instrumentation and Measurement, and Electrical Power Systems. Students will be able to analyse electrical and electronic systems of some complexity, to explain their operating principles quantitatively and to evaluate their performance. They will also be able to combine effectively different facets of EEC by collaborating on multidisciplinary projects in EEC. They will develop their expression skills, teamwork and leadership, and acquire sensitivity to ethical and environmental issues.

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:

A Universidade do Porto tem por missão a criação de conhecimento científico, cultural e artístico, a formação de nível superior fortemente ancorada na investigação, a valorização social e económica do conhecimento e a participação ativa no progresso das comunidades em que se insere. Neste contexto, a FEUP tem como missão a educação e formação de profissionais de Engenharia de nível internacional, sustentada em Investigação e Desenvolvimento de excelência com foco regional, mas com qualidade reconhecida a nível global e numa prática de extensão de reconhecida qualidade, contemplando as vertentes científica, técnica, ética e cultural.

A Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (LiEEC), na sua área específica de atividade, contribui para estas missões garantindo uma formação cientificamente sólida e atualizada dos seus graduados, suportada por um corpo docente com uma atividade científica significativa e por recursos materiais e humanos de apoio ao ensino laboratorial de elevada qualidade. A LiEEC promove a participação dos seus estudantes em atividades de investigação e desenvolvimento ao longo do ciclo de estudos, tanto em atividades curriculares, como em atividades extracurriculares de diversa natureza (por exemplo, núcleos estudantis, organização de eventos, disseminação pública da EEC). O corpo docente da LiEEC participa num elevado número de projetos nacionais e internacionais com a indústria, o que lhe permite acompanhar de perto e participar na evolução da EEC. Toda esta atividade permite não só aprofundar as competências técnicas dos estudantes e o contacto com o universo empresarial, como melhorar competências de natureza social, ética e ambiental.

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 University of Porto's mission is the creation of scientific, cultural and artistic knowledge, the provision of higher education training strongly anchored in research, the social and economic valorisation of knowledge and the active participation in the progress of the communities in which it operates. In this context, FEUP's mission is to educate and train engineering professionals at an international level, based on Research and Development of excellence with a regional focus, but with quality recognized at a global level and in an extension practice of recognized quality, considering scientific, technical, ethical and cultural aspects.

The Degree in Electrical and Computer Engineering (LiEEC), in its specific area of activity, contributes to these missions by ensuring a scientifically sound and up-to-date training of its graduates, supported by a faculty with significant scientific activity and by material and human resources for high quality laboratory teaching. LiEEC promotes the participation of its students in research and development activities throughout the study cycle, both in curricular activities, as well as in extracurricular activities of various kinds (for example, student groups, organization of events, public dissemination of EEC). LiEEC's faculty participates in a large number of national and international projects with the industry, which allows it to closely monitor and participate in the evolution of EEC. All these activities allow students to deepen their technical skills and their contacts with the business world, while at the same time raising their social, ethical and environmental consciousness.

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

N/A

N/A

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

Mapa II - N/A

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

N/A

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

N/A

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	M	33	0	
Física / Physics	FIS	16.5	0	
Ciências Fundamentais e da Eletrotecnia / Basic Sciences for Electrotechnology	CFEL	28.5	0	
Automação e Controlo / Energia / Eletrónica e Sistemas Digitais/ Telecomunicações	AUTC, EN, EL-SD, TEL	0	24	
Eletrónica e Sistemas Digitais / Electronics and Digital Systems	EL-SD	24	0	
Energia / Power Systems	EN	12	0	
Informática / Informatics	INF	18	0	
Telecomunicações / Telecommunications	TEL	6	0	
Gestão / Management	G	6	0	
Desenvolvimento Pessoal / Personal Development	DP	1.5	0	
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores / Electrical and Computer Engineering	EEC	6	0	
Desenvolvimento Pessoal/Competências Transversais/Transferíveis/Qq área científica UP/Personal Development/Transferable Skills/Any scientific área UP	DP/CTT / QACUPQ	0	4.5	
(12 Items)		151.5	28.5	

4.3 Plano de estudos**Mapa III - N/A - 1º ano/ 1º semestre****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

N/A

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

N/A

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º ano/ 1º semestre

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 1 / Mathematical Analysis 1	M	Semestral	162	T-26h, TP-26h	6	
Álgebra / Algebra	M	Semestral	162	T-39h, TP-13h	6	
Circuitos 1 / Circuits 1	CFEL	Semestral	121.5	T-19,5h, PL-26h	4.5	
Programação / Programming	INF	Semestral	162	T-26h, PL-26h	6	
Sistemas Digitais / Digital Systems	EL-SD	Semestral	162	T-19,5h, TP-13h, PL-19,5	6	
Projeto FEUP / Project FEUP	DP	Semestral	40.5	T-3h, TP-10h	1.5	
(6 Items)						

Mapa III - N/A - 1º ano / 2º semestre**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

N/A

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

N/A

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º ano / 2º semestre

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 2 / Mathematical Analysis 2	M	Semestral	162	T-26h; TP-26h	6	
Mecânica e Ondas / Mechanics and Waves	FIS	Semestral	162	T-39h; TP-19,5h	6	
Circuitos 2 / Circuits 2	CFEL	Semestral	162	T-19,5h; PL-26h	6	
Estruturas de Dados e Algoritmos / Data Structures and Algorithms	INF	Semestral	162	T-26h; PL-26h	6	
Probabilidades e Estatística / Probability and Statistics	M	Semestral	162	T-26h; TP-26h	6	
(5 Items)						

Mapa III - N/A - 2º ano/1º semestre**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

N/A

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

N/A

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2º ano/1º semestre

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 3 / Mathematical Analysis 3	M	semestral	121.5	T-19,5h; TP-19,5h	4.5	
Arquitetura de Computadores / Computer Architecture	EL-SD	semestral	162	T-26h; PL-26h	6	
Eletromagnetismo / Electromagnetism	FIS	semestral	162	T-39h; TP-19,5h	6	
Métodos Numéricos / Numerical Methods	M	semestral	121.5	T-19,5h; TP-19,5h	4.5	
Sinais e Sistemas / Signals and Systems	CFEL	semestral	162	T-26h; TP-26h	6	
Competências Transversais / Transferable Skills	DP/ CTT / QACUP	semestral	40.5	depende da UC selecionada	1.5	Opção Para efeitos de cálculo , estimamos 13 horas de contacto
Competências Transversais / Transferable Skills	DP/CTT/ QACUP	semestral	40.5	depende da UC selecionada	1.5	Opção Para efeitos de cálculo , estimamos 13 horas de contacto
(7 Items)						

Mapa III - N/A - 2º ano / 2º semestre**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

N/A

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

N/A

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2º ano / 2º semestre

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)
Termodinâmica e Estrutura da Matéria / Thermodynamics and Structure of Matter	FIS	semestral	121.5	T-19,5; PL-19,5h	4.5	
Sistemas Computacionais / Computing Systems	INF	semestral	162	T-26h; PL-26h	6	
Ondas Eletromagnéticas / Electromagnetic Waves	TEL	semestral	162	T-26h; TP-26h	6	
Eletrónica 1 / Electronics 1	EL-SD	semestral	162	T-26h; PL-26h	6	
Controlo / Control	CFEL	semestral	162	T-26h; TP-26h	6	
Competências Transversais / Transferable Skills	DP/CTT/ QACUP	semestral	40.5	depende da UC selecionada	1.5	Opção Para efeitos de cálculo, estimamos 13 horas de contacto

(6 Items)

Mapa III - N/A - 3º ano / 1º semestre**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

N/A

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

N/A

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

3º ano / 1º semestre

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)
Investigação Operacional / Operations Research	G	semestral	162	T-26h; TP-26h	6	
Sistemas Elétricos de Energia / Electrical Power Systems	EN	semestral	162	T-26h; TP-26h	6	
Fundamentos de Máquinas Elétricas / Electric Machines Fundamentals	EN	semestral	162	T-26h; PL-26h	6	
Eletrónica 2 / Electronic 2	EL-SD	semestral	162	T-26h; PL-26h	6	
Fundamentos de Processamento de Sinal / Fundamentals of Signal Processing	CFEL	semestral	162	T-19,5h; TP-19,5h; PL-13h	6	

(5 Items)

Mapa III - N/A - 3ºano/ 2º semestre**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

N/A

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

N/A

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

3ºano/ 2º semestre

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)
Sistemas e Automação / Systems and Automation	AUTC	semestral	162	T-26h: PL-26h	6	OPT (Escolher 24 ECTS)
Sistemas Eléctricos de Baixa Tensão / Low Voltage Electrical Systems	EN	semestral	162	T-26h: PL-26h	6	OPT (Escolher 24 ECTS)
Conversão de Energia / Energy Conversion	AUTC	semestral	162	T-26h: PL-26h	6	OPT (Escolher 24 ECTS)
Instrumentação e Medição / Instrumentation and Measurement	EL-SD	semestral	162	T-26h: PL-26h	6	OPT (Escolher 24 ECTS)
Comunicações de Dados/ Data Communications	TEL	semestral	162	T-26h: PL-26h	6	OPT (Escolher 24 ECTS)
Projeto Integrador / Capstone Project (6 Items)	EEC	semestral	162	PL-13h	6	

4.4. Unidades Curriculares

Mapa IV - Competências Transversais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Competências Transversais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Transferable Skills

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

DP/CTT/QACUP

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

40,5

4.4.1.5. Horas de contacto:

Para efeitos de cálculo, estimamos 13 horas de contacto

4.4.1.6. ECTS:

1,5

4.4.1.7. Observações:

Unidade Curricular a seleccionar entre as disponíveis no Catálogo de Competências Transversais/ Transferíveis da Universidade do Porto

4.4.1.7. Observations:

Course to be selected among those available in the Soft/Transferrable Skills Catalogue from the University of Porto.

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

Francisco Manuel Madureira e Castro Vasques de Carvalho (coordenador de CTs na FEUP)

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

O corpo docente será definido em função da CTE escolhida pelo estudante.

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

- ☐ Reconhecer a importância de adotar uma atitude proactiva, comprometida e responsável;
- ☐ Analisar as motivações e capacidades de trabalho em equipa;
- ☐ Aplicar com sentido crítico diferentes atitudes comunicacionais em diferentes situações de interação;
- ☐ Reconhecer a importância da ética no trabalho e do pensamento crítico, entre outras competências;

- ☐ *Produzir um relatório científico, de acordo com as normas da comunidade científica;*
- ☐ *Saber adequar comportamentos a diferentes situações profissionais, pessoais e/ou relacionais;*
- ☐ *Compreender a importância da cooperação e entreajuda para o clima organizacional;*
- ☐ *Compreender os desafios inerentes à liderança de equipas, à tomada de decisão, à gestão de tempo e à colaboração com colegas de trabalho;*
- ☐ *Compreender as mais-valias e desafios da criação do próprio emprego;*
- ☐ *Identificar aspetos fundamentais da história, cultura e pensamento contemporâneo e da sua importância para o desenvolvimento de atitudes e comportamentos de cidadania.*

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

- ☐ *To recognize the relevance of a proactive, committed and responsible attitude;*
- ☐ *To analyse their own motivations and teamwork skills;*
- ☐ *To critically apply different communication skills in different interaction situations;*
- ☐ *To recognize the relevance of critical thinking and work ethics, among other skills;*
- ☐ *To produce adequate scientific reports, according to the scientific community standards;*
- ☐ *To adapt personal behaviours to different professional and/or relational situations;*
- ☐ *To understand the relevance of cooperation and mutual help for the organizational behaviour;*
- ☐ *To understand the major challenges related to team leadership, decision making, time management and collaboration with co-workers;*
- ☐ *To understand the challenges and advantages of their own job creation;*
- ☐ *To identify fundamental aspects of history, culture and contemporary thinking, and of their relevance for the development of citizenship behaviours.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Conteúdos programáticos específicos de cada Unidade Curricular disponível no Catálogo de Competências Transversais/ Transferíveis da Universidade do Porto.

4.4.5. Syllabus:

Specific syllabus of each available course unit from the Soft/Transferrable Skills Catalogue of the University of Porto.

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

Específica de cada Unidade Curricular disponível no Catálogo de Competências Transversais/ Transferíveis da Universidade do Porto.

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

Specific for each available course unit, from the Soft/Transferrable Skills Catalogue of the University of Porto.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Específica de cada Unidade Curricular disponível no Catálogo de Competências Transversais/ Transferíveis da Universidade do Porto.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Specific for each available course unit, from the Soft/Transferrable Skills Catalogue of the University of Porto.

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

Perspetiva-se a oferta de diferentes tipos de CTs, organizadas de acordo com os seguintes tópicos:

- 1. Ações de formação em áreas transversais de Engenharia, incluindo:*
 - a. Literacia científica, incluindo escrita de relatórios científicos com utilização de ferramentas bibliográficas;*
 - b. Utilização de ferramentas transversais para análise de dados.*
- 2. Ações de formação em soft skills relevantes para estudantes de Engenharia, incluindo:*
 - a. Gestão de Tempo e Organização Pessoal;*
 - b. Comunicação Assertiva;*
 - c. Empregabilidade.*
- 3. Ações de formação em Artes ou Ciências Sociais e Humanas relevantes para estudantes de Engenharia (oferecidas por outras Unidades Orgânicas da UPorto), incluindo:*
 - a. Tópicos de Arte e Cultura Contemporânea (FBAUP);*
 - b. Tópicos de Filosofia, Epistemologia, Ética aplicada à ciência e tecnologia, Pensamento crítico e Argumentação, Identidade e Interculturalidades (FLUP);*
 - c. Tópicos de Psicologia do Trabalho e das Organizações, incluindo Gestão do Stress, Resolução de Problemas, Tomada de Decisão e Orientação para Resultados, Criatividade e Mudança Organizacional, Motivação de Equipas, Saúde e Bem-estar nas Organizações, Negociação e Gestão de Conflitos (FPCEUP).*
- 4. Atividades estudantis com foco na formação em softskills (previamente certificadas pela UPorto), incluindo:*
 - a. Organização das Jornadas de Eletrotecnia / Jornadas de Engenharia Química / Jornadas de Engenharia Mecânica / etc. (creditável para membros da equipa organizadora, com limite ao n.º de organizadores);*
 - b. Concurso "Pontes de Esparguete" / Concurso de Programação ACM / etc. (creditável para participantes e para membros da equipa organizadora, com limite ao n.º de organizadores);*
 - c. Participação efetiva de estudantes em Organizações Internacionais de Estudantes de Engenharia.*
- 5. Participação efetiva dos estudantes em Ciclos de Palestras, creditáveis como parte de Competências Transversais/ Transferíveis, de acordo com regras a especificar pela Universidade do Porto.*

Através da acima referida multiplicidade de oferta a disponibilizar pelo Catálogo de Competências Transversais/ Transferíveis da Universidade do Porto, será possível assegurar uma forte coerência entre as metodologias de ensino e os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

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

We foresee the offer of multiple CT course units relevant to engineering students, organized according to the following topics:

- 1. Course units addressing transversal Engineering domains, including:*
 - a. Scientific literacy, including the writing of scientific reports, including the use of adequate bibliographic tools;*
 - b. Data analysis tools.*
 - 2. Soft skills course units, including:*
 - a. Time Management and Personal Organization;*
 - b. Assertive Communication;*
 - c. Employability;*
 - 3. Course units addressing Art topics and/or Social and Human Science topics, which may be of interest for Engineering students (organized by the related UPorto Organic Units), including:*
 - a. Topics of Contemporary Art and Culture (FBAUP);*
 - b. Topics of Philosophy, Epistemology, Work Ethics applied to Science and Technology, Critical Thinking and Argumentation, Identity and Interculturalities (FLUP);*
 - c. Topics in Work and Organizational Psychology, including Stress Management, Problem Solving, Decision Making, Creativity and Organizational Change, Team Motivation, Organizational Health and Well-Being, Negotiation and Conflict Management (FPCEUP);*
 - 4. Student activities focused on soft skills (previously certified by UPorto), including:*
 - a. Organization of Electrotechnical/Chemical/Mechanical Engineering Workshops (which may be creditable to organizing team members);*
 - b. "Spaghetti Bridges" Contest / ACM Programming Contest / etc. (which may be creditable to both participants and organizing team members);*
 - c. Student participation in International Engineering Student Organizations;*
 - 5. Student participation in Congresses, creditable as part of Transversal / Transferable Skills, according to a set of rules to be specified by the University of Porto.*
- Considering the aforementioned CTs multiplicity available through the Catalogue of Transversal / Transferable Skills from the University of Porto, it is possible to ensure the required coherence level between teaching methodologies and learning outcomes of the curricular unit.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Millar, Dean C. "Ready for take-off: a winning process for launching your engineering career". Upper Sadle River : Prentice Hall, cop. 2011. ISBN 978-0-13-608127-2
Bibliografia complementar: Específica de cada Unidade Curricular disponível no Catálogo de Competências Transversais/ Transferíveis da Universidade do Porto.

Mapa IV - Sistemas Computacionais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas Computacionais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Sistemas Computacionais

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-26h; PL-26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Nesta UC, os estudantes tomam contacto com a diversidade e a composição de sistemas computacionais, desde plataformas simples para aplicações embarcadas até plataformas de alto desempenho com processadores com

múltiplos núcleos. O sistema computacional é então apresentado como um agregado de recursos que têm que ser geridos de forma eficiente para a obtenção de um bom desempenho. Daqui emerge a noção de sistema operativo como camada de mediação entre os recursos físicos do sistema e o respetivo utilizador. Os estudantes são então levados a analisar a composição de um sistema operativo, desde o seu núcleo aos seus vários gestores, de memória, de entradas/saídas, de processos, aprendendo a utilizá-los de forma eficaz e a medir o seu desempenho recorrendo a testes padrão ("benchmarks"). As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. Dez turmas PL.

4.4.1.7. Observations:

In this course, students are introduced to the diversity of a computing system, from simple platforms for embedded applications to high-performance platforms with multi-core processors. A computing system is then presented as a set of resources that must be managed in an efficient way to achieve a good performance. The notion of operating system is then introduced as a layer mediating the physical resources of a system and its users. The students are then introduced to the different subsystems of an operating system, including the different managers of memory, I/O and processes, learning how to use it in an efficient way and how to measure its performance using benchmarks. The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. Ten PL classes.

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

Pedro Alexandre Guimarães Lobo Ferreira do Souto: 52h T (2 turmas) + 26h PL (10 turmas)

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

Luís Miguel Pinho de Almeida: 52h PL (10 turmas)

João Paulo de Castro Canas Ferreira: 52h PL (10 turmas)

Pedro Luís Cerqueira Gomes da Costa: 78h PL (10 turmas)

Docente a contratar: 52h PL (10 turmas)

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

1. Ser capaz de identificar diferentes tipos de sistemas computacionais e explicar as principais características diferenciadoras de cada tipo.
2. Conhecer a constituição de sistemas operativos de uso geral.
3. Ser capaz de utilizar a API dum sistema operativo.
4. Ser capaz de utilizar as primitivas de sincronização e comunicação para execução de programas concorrentes.
5. Ser capaz de construir "device drivers" para dispositivos de E/S relativamente simples.
6. Explicar os mecanismos disponíveis num SO para assegurar proteção e segurança.
7. Explicar como a configuração dos componentes dum sistema operativo pode afetar o desempenho de aplicações.
8. Ser capaz de avaliar o desempenho dos diferentes componentes dum sistema operativo e conhecer os testes padrão mais comuns para medir o respetivo desempenho.

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

1. Be able to identify different kinds of computational systems and summarize the main differences among them.
2. Be able to describe the main components of a general-purpose operating system, as well as the main algorithms and data structures used by these components.
3. Be able to use the operating system API.
4. Be able to use communication and synchronization primitives in concurrent programs to prevent race conditions.
5. Be able to develop a device driver for a simple input/output device.
6. Be able to explain the mechanisms available in an OS to ensure protection and security.
7. Be able to explain how the configuration of a component of an operating system may affect the performance of applications.
8. Be able to use evaluate the performance of the different components of an operating system and list the most common benchmarks used to measure their performance.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- Organização dum sistema computacional: Sistemas embarcados, sistemas de uso geral, processadores multi-núcleo e multiprocessadores, servidores e sistemas distribuídos.
- 2- Apresentação dos Sistemas Operativos (SO) como gestores dos recursos dum sistema computacional. Arquitetura do SO e núcleo ("kernel") do SO. Núcleos monolíticos e micro-núcleos. SOs para fins específicos (ex. RTOS).
- 3- Gestão de processos. Multiprogramação e escalonamento. Comunicação e sincronização entre processos. API para gestão de processos.
- 4- Threads. Concorrência e primitivas de sincronização. API POSIX para threads.
- 5- Gestão de memória. Memória física e virtual. Paginação e segmentação.
- 6- Gestão de entradas/saídas. Dispositivos, controladores, interrupções. "Device drivers".
- 7- Sistema de ficheiros. Abstrações e sua implementação. API para acesso a ficheiros.
- 8- Segurança em sistemas operativos. Autenticação e autorização. Mecanismos de proteção e de confinamento.
- 9- Avaliação de desempenho e "benchmark"

4.4.5. Syllabus:

- 1- Organization of a computing system: embedded systems, general purpose systems, multi-core processors and multi-processors, servers and distributed systems.

- 2- Role of an operating system (OS) as the manager of the resources of a computing system. Structuring of an OS and its kernel. Monolithic and micro-kernel based OSs. Special purpose OS (e.g. RTOS).
- 3- Process management. Multiprogramming and scheduling. Inter-process communication. Process management API.
- 4- Threads. Concurrency and synchronization primitives. POSIX API for threads.
- 5- Memory management. Physical and virtual memory. Segmentation and paging.
- 6- Device management. Devices, controllers and interrupts. Device drivers.
- 7- File systems. Abstractions and their implementation. File system API.
- 8- Security and protection. Authentication and authorization. Protection and confinement mechanisms.
- 9- Performance evaluation and “benchmarking”.

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

Os pontos 1 e 2 dos conteúdos, os quais cobrem a organização de sistemas computacionais e a organização de SO, contribuem para os objetivos 1 e 2, respetivamente. Os conteúdos dos pontos 3 e 5 a 7, os quais cobrem os diferentes gestores dum SO, contribuem também para o objetivo 2.

Os pontos 3, 4 e 7 dos conteúdos, os quais abordam a interface de aplicação dos principais componentes dum SO, contribuem parcialmente para o objetivo 3.

Os pontos 4 e 5 dos conteúdos que abordam respetivamente aspetos de gestão de concorrência e de entradas e saídas, contribuem parcialmente para os objetivos 4 e 5, respetivamente.

O ponto 8 e ainda os pontos 2, 5, 6 e 7 dos conteúdos, onde são abordados alguns mecanismos específicos necessários para garantir segurança, contribuem para o objetivo 6.

O ponto 9 e ainda os pontos 2 a 6 dos conteúdos, pelo impacto que a estrutura e implementação dum SO tem no seu desempenho, contribuem para o objetivo 7.

Os mesmos pontos dos conteúdos (9 e 2 a 6) contribuem parci

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

Points 1 and 2 of the syllabus contribute to objectives 1 and 2, respectively. In addition, points 3 and 5 to 7, which cover the main resource managers in an OS, also contribute to objective 2.

Points 3, 4 and 7 of the syllabus, which cover the API of the main OS components, contribute partially to objective 3.

Points 4 and 5 of the syllabus, which cover respectively concurrency and I/O device management, contribute partially to objectives 4 and 5, respectively.

Point 8 and also points 2, 5, 6 and 7 of the syllabus,, which cover some mechanisms required for ensuring security, contribute to objective 6.

Point 9, and also points 2 to 6 of the syllabus, given the effect that the structure and the implementation of an OS has in its performance, contribute to objective 7.

The same points of the syllabus also contribute partially to objective 8.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas são de exposição, recorrendo-se a exemplos que ajudem à compreensão dos tópicos apresentados. As aulas laboratoriais são usadas para desenvolver pequenos programas que usem as chamadas ao sistema do SO. Os laboratórios incluem, na última parte do semestre, o desenvolvimento de um pequeno projeto de desenvolvimento dum “device-driver” simples.

A avaliação inclui um exame escrito, possivelmente substituído por 2 ou 3 mini-testes, versando a totalidade dos assuntos abordados, quer nas aulas teóricas quer laboratoriais. Este exame, ou agregado de mini-testes, contribui com 50% da nota final. Os restantes 50% da nota final são determinados por uma prova de programação relacionada com os problemas das aulas laboratoriais e pelo projeto acima mencionado, cada um dos quais com o mesmo peso (25%) na nota final.

O tipo de avaliação será distribuído com ou sem exame final, dependendo de se usar um só exame escrito ou um conjunto de mini-testes.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The lectures are expository. Whenever appropriate, examples are used to help the understanding of the material being taught. The course contents follows closely that of the main bibliography. The lab classes take place in a computer lab, and are used both to solve small programming assignments using system calls and one small project of development of a device driver for a simple I/O device.

Evaluation includes a written exam, or alternatively 2 or 3 mid-terms, covering all material, i.e. lectures and lab classes. This exam, or the set of mid-terms, have a total weight of 50% in the final grade. The remainder 50% are determined by a programming test about the APIs used in the lab classes and by the project already mentioned, each of which with the same weight (25%) in the final grade.

Student evaluation will be distributed possibly without a final exam, if instead there are mid-terms.

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

A metodologia seguida inclui a transmissão de conceitos por exposição e exemplo, sendo um passo para a dotar os estudantes da capacidade de identificação desses mesmo conceitos. Este aspeto é determinante nos objetivos 1, conhecer os sistemas computacionais, 2, conhecer os sistemas operativos, 6, descrever mecanismos de segurança, e 7, de estimar o desempenho. Contudo, a capacidade de usar, testar, configurar e adaptar subjacentes aos objetivos 3 a 5 e 8, requer prática quer guiada quer com autonomia. Nestes casos, a realização dos trabalhos práticos guiados permite exercitar as competências de utilização da API de um sistema operativo (objetivos 3 e 4) e medir o respetivo desempenho (objetivo 8). Por outro lado, o último projeto permite exercitar as competências de utilização da interface para device driver para o controlo de um dispositivo de entrada/saída (objetivo 5). O projeto é já desenvolvido com relativa autonomia para promover a consciencialização pelo estudante das capacidades adquiridas.

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

The exposition of the concepts and the examples provided in the lectures, are a step towards the understanding of these concepts. This is crucial for meeting objectives 1, identify different kinds of computational systems, 2, describe the main components of an operating system, 6, explain the security mechanisms, and 7, estimate the performance. However, to meet objectives 3, 4, 5 and 8, students must apply what they have learned, and this requires practice both with guidance and with some autonomy. In this case, the programming assignments, more guided, allow the students to be able to use the different APIs of an OS (objectives 3 and 4) and measure their performance (objective 8). The final project allows the student to use the device driver interface of an OS to control a simple I/O device (objective 5). This project is developed with some autonomy so that students gain more confidence on the capabilities they have acquired.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- 1- Remzi H. Arpaci-Dusseau and Andrea C. Arpaci-Dusseau; "Operating Systems: Three Easy Pieces", Arapci-Dusseau Books, 2011. ISBN: 9781105979125 (Disponível gratuitamente em: <http://pages.cs.wisc.edu/~remzi/OSTEP/>).
- 2- José Alves Marques,... [et al.]; "Sistemas operativos". ISBN: 978-972-722-575-0,
- 3- Jonathan Corbet, Alessandro Rubini and Greg Kroah-Hartman; "Linux Device Drivers, 3rd Ed.", O'Reilly Media, Inc., 2005. ISBN: 0-596-00590-3 (Disponível na Web através de: <http://lwn.net/Kernel/LDD3/>),
- 4- Andrew S. Tanenbaum; "Modern operating systems". ISBN: 0-13-813459-6,
- 5- Abraham Silberschatz, Peter Baer Galvin, Greg Gagne; "Operating system concepts". ISBN: 0-471-69466-5.

Mapa IV - Análise Matemática 1**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Análise Matemática 1

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mathematical Analysis 1

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

Teóricas: 26h, Teórico-Práticas: 26h

4.4.1.6. ECTS:

6 ECTS

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. Dez turmas TP.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. Ten TP classes.

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

Maria Margarida de Amorim Ferreira 26 T (2 turmas), 26 TP (11 turmas)

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

*Vítor Manuel Martins Cicouro de Pera: 26 T (2 turmas), 104 TP (11 turmas)
 Maria do Rosário Marques Fernandes Teixeira de Pinho: 26 TP (11 turmas)
 João Tasso de Figueiredo Borges de Sousa: 78 TP (11 turmas)
 Sérgio Reis Cunha : 52 TP (11 turmas)*

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

É objetivo desta unidade curricular que os estudantes consolidem conhecimentos e técnicas básicas, anteriormente adquiridos, da análise real e obtenham uma base sólida de conhecimento dos conteúdos programáticos da unidade

curricular. Pretende-se que os estudantes desenvolvam as suas capacidades de:

- 1) manipulação dos conceitos matemáticos apresentados;
- 2) aplicação de conceitos matemáticos novos na resolução de problemas práticos;
- 3) apresentação de raciocínios e soluções de uma forma clara e precisa;
- 4) preservação de raciocínio independente e analítico.

Pretende-se que perante um problema proposto o estudante seja capaz de selecionar as ferramentas matemáticas apropriadas para a sua resolução, expor com clareza raciocínios e técnicas envolvidas nessa resolução, analisar e criticar os resultados obtidos.

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

This course aims to consolidate student's knowledge and basic techniques of real analysis, already acquired, and to obtain a solid ground of knowledge of the contents of the syllabus. It is intended to develop student's skills to

- 1) handle concepts;
- 2) apply new mathematical concepts to the resolution of practical problems;
- 3) present their reasoning and solutions in a clear and accurate way;
- 4) maintain an independent and analytical reasoning.

Facing a practical problem, the student must be able to select the appropriate mathematical tools to solve it, to clearly display techniques involved in the problem solving and to analyze and criticize the obtained results.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- Revisão e consolidação de conhecimentos adquiridos no ensino secundário: funções reais de variável real, limites, continuidade e derivação.
- 2- Integrais Indefinidos.
- 3- Integral Definido. Aplicação ao cálculo de áreas.
- 4- Integrais impróprios.
- 5- Equações diferenciais de 1ª ordem, lineares e de variáveis separáveis.
- 6- Equações diferenciais lineares de ordem n e coeficientes constantes.
- 7- Sucessões numéricas (Revisão). Indução finita.
8. Séries Numéricas.
- 9- Aproximação Polinomial e Séries de Taylor.

4.4.5. Syllabus:

- 1- Revision of contents studied in Secondary School: real functions of a real variable, limits, continuity and derivation
 - 2- Indefinite integrals.
 - 3- Definite integrals. Application to the calculation of areas
 - 4- Improper integrals.
 - 5- First order, linear and separable variables differential equations.
 - 6- Linear differential equation of order n and constant coefficient.
- ENG 1- Revision of contents studied in Secondary School: real functions of a real variable, limits, continuity and derivation
- 2- Indefinite integrals.
 - 3- Definite integrals. Application to the calculation of areas
 - 4- Improper integrals.
 - 5- First order, linear and separable variables differential equations.
 - 6- Linear differential equation of order n and constant coefficient.
 - 7- Numerical successions (Revision). Finite Induction.
 - 8- Numerical series.
 - 9- Polynomial approximation and Taylor's series.

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

Os conteúdos programáticos estão organizados de forma encadeada e integrada permitindo cobrir conceitos e técnicas fundamentais de análise real, e garantindo a aprendizagem pretendida na UC. Os conteúdos programáticos descritos em 1 e 7 contribuem para a consolidação de conhecimentos e técnicas básicas, anteriormente adquiridos, da análise real (um dos objetivos da aprendizagem). Os restantes conteúdos programáticos, introduzindo novos conceitos, contribuem para os pontos 1 a 4 dos objetivos da aprendizagem. A sedimentação dos conceitos é feita, sempre que possível, com a sua aplicação a problemas concretos relacionados com a área de engenharia onde a unidade curricular se insere, obrigando à análise e à procura de métodos de resolução alternativos. No conjunto, pretende-se promover a aquisição de conhecimentos de análise real e desenvolvimento do raciocínio independente.

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

The syllabus contents are organized in a linked and integrated way, allowing to cover fundamental concepts and techniques of real analysis, and guaranteeing the intended learning in the UC. The syllabus described in 1 and 7 contribute to the consolidation of basic knowledge and techniques, previously acquired, from real analysis (one of the learning objectives). The rest of the syllabus, introducing new concepts, contribute to points 1 to 4 of the learning objectives.

The consolidation of knowledge is done, whenever possible, with its application to concrete problems related to the engineering area where the curricular unit is inserted, forcing the analysis and the search for alternative resolution methods. Altogether, it is intended to promote the acquisition of knowledge of real analysis and the development of independent reasoning.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas:

Estas aulas constituem o núcleo da unidade curricular. Os estudantes são fortemente incentivados a acompanhar e a participar em todas estas aulas de forma a assegurar uma boa ligação das 3 componentes da UC: teórica, prática e estudo individual.

Nestas aulas faz-se a introdução, motivação e apresentação de problemas, discussão e dedução de resultados no âmbito do programa da unidade curricular, resolução e discussão de exercícios ilustrativos.

Aulas teórico-práticas:

Para cada aula TP, um conjunto de problemas será selecionado, a serem resolvidos pelos estudantes antes da aula.

Nas aulas serão discutidos e resolvidos os exercícios que suscitem dúvida. Os estudantes deverão complementar o estudo da disciplina usando a o caderno de exercícios, os apontamentos e a bibliografia recomendada.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída sem exame final

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures:

These lectures are the core of the course. Students are strongly encouraged to follow and participate on all these classes in order to ensure the necessary coordination and coherence among theory, practice and individual study.

On these classes it is made the motivation and presentation of the course subjects. Special emphasis is given to geometric interpretations and to their practical application. The proofs of theoretical concepts are made, as long as it helps the understanding. Illustration of the concepts with exercise resolution is made.

Theoretic-practical classes:

A selection of problems will be selected for each class. The students should try to solve them before the class.

Exercises will be solved/discussed by the professor and with the participation of students. The student must complement his study using the other exercises from the Course Exercise Collection, studying the syllabus and/or other suggested literature

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

Os resultados de aprendizagem descritos são melhor alcançados quando os estudantes são expostos a novos conceitos em contextos familiares, com exemplos ilustrativos nas aulas teóricas e, posteriormente, com a sua aplicação na resolução de exercícios selecionados nas aulas teórico-práticas.

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

The learning outcomes described are best attained when the students are exposed to new concepts within familiar contexts, with illustrative examples in the lectures and later solving/discussing the selected exercises in the exercise (TP) classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

de Pinho, M.R. & Ferreira, M.M. (2007). Análise Matemática 1, Apontamentos das Aulas Teóricas.

Rocha, P. (1999). Cálculo I, Universidade de Aveiro. ISBN: 972-8021-80-1

Boyce, W.E. & DiPrima, R.C. (1976). Elementary Differential Equations. ISBN: 0-471-09339-4

Stein, S.K. & Barcellos, A. (1973). Calculus and analytic geometry. ISBN: 0-07-061175-0

Adams, R.A. (1999); Calculus. ISBN: 0-201-39607-6

Apostol, T.M. (1967-1969). Calculus. ISBN: 0-471-00005-1(v.1)

Spivak, M. (2006). Calculus. ISBN: 0-521-86744-4

Mapa IV - Álgebra**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Álgebra

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Algebra

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T: 39, TP: 13

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students.

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

Maria Paula Macedo Rocha Malonek: 39 T (2 turmas), 39 TP (11 turmas)

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

Abel Jorge Antunes da Costa: 39 T (2 turmas), 39 TP (11 turmas)

José Nuno Teixeira de Almeida: 39 TP (11 turmas)

Maria Margarida de Amorim Ferreira: 26 TP (11 turmas)

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

Esta unidade curricular visa dotar os estudantes de um corpo de conhecimento fundamental em álgebra linear de forma a promover a sua utilização na resolução de problemas de engenharia. Os métodos e conceitos estudados nesta UC deverão ser completados com aplicações básicas em Engenharia Eletrotécnica de forma a facilitar a sua utilização futura, tanto no percurso académico como na vida profissional. Pretende-se também estimular uma atitude crítica na análise de problemas de Engenharia e a capacidade de aplicação dos conceitos apreendidos na resolução de problemas práticos. Esta UC deverá também possibilitar uma aprendizagem futura autónoma de conceitos mais avançados que surjam no âmbito da formação académica e/ou profissional.

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

The aim of this course is to endow the students with a solid body of fundamental knowledge in linear algebra so as to promote its application in the solution of engineering problems. The concepts and methods studied in the course are to be completed with examples of basic applications in electrical engineering in order to facilitate their future use both during the study and in a professional environment. Moreover, the students are encouraged to develop the capacity of critical analysis together with the ability of applying the concepts and techniques learnt in this course to the solution of practical engineering problems. This course will also enable the students to carry out an autonomous study of more advanced linear algebra concepts and techniques that might be necessary in the framework of their academic training and/or in their future professional activity.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Matrizes e determinantes: operações com matrizes, matriz inversa, operações elementares nas linhas/colunas de uma matriz; determinantes, propriedades, cálculo, aplicação na inversão de matrizes; característica de uma matriz

2. Sistemas de equações lineares: formulação matricial; método de Gauss-Jordan

3. Vetores 2D e 3D: operações, referenciais, transformações de translação e rotação, produto interno; produto vetorial

4. Espaços vetoriais reais: propriedades; subespaços vetoriais; geradores, independência linear, bases, dimensão; coordenadas, mudança de base

5. Espaços euclidianos reais: produto interno, norma, distância; ortogonalidade; bases ortonormadas; projeções e aplicações

6. Transformações Lineares (TL): propriedades, representação matricial, núcleo e imagem, transformações injetivas e sobrejetivas, teorema das dimensões

7. Valores e Vetores Próprios de TL/Matrizes: cálculo, propriedades, diagonalização de matrizes, aplicações

8. Formas quadráticas: propriedades, classificação

4.4.5. Syllabus:

1. Matrices and determinants: matrix operations, inverse matrix, elementary row/column operations; determinants, , properties, computation, application to matrix inversion; matrix rank

2. Systems of linear equations: matrix formulation; the Gauss-Jordan method

3. Vectors in the plane and in the three-dimensional space: operations, reference frames, translation and rotation transformations, inner product, vector product

4. Real vector spaces: properties; linear subspaces; generators, linear independence, bases, dimension; coordinates, change of basis

5. Real Euclidian spaces: inner product, norm, distance; orthogonality, orthonormal bases, orthogonal projections and

*applications**6.Linear transformations: properties, matrix representation, kernel and range, injective and surjective maps, the dimensions theorem**7.Eigenvalues and eigenvectors of linear transformations/matrices; computation, properties, matrix diagonalization and its applications**8.Quadratic forms: properties, classification***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Esta unidade curricular contém elementos fundamentais de álgebra linear. Estes assuntos são apresentados numa sequência lógica, abrangente e coerente. Nesta unidade curricular apresentam-se problemas e exemplos de aplicação, juntamente com as ferramentas apropriadas para os resolver, permitindo assim que os estudantes desenvolvam capacidades de manipulação algébrica, de abstração e de raciocínio matemático autónomo essenciais para a resolução de problemas práticos.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***This curricular unit deals with fundamental elements of linear algebra. Topics are presented in a logical, comprehensive and coherent sequence. In this course, problems and application examples are presented along with the appropriate tools to solve them, thus allowing students to develop algebraic manipulation skills, together with the capacity of analytical and independent reasoning.***4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***Nas aulas teóricas faz-se o enquadramento da matéria programática em estudo, sendo apresentados os respetivos conceitos, definições e âmbito de aplicação bem como as correspondentes técnicas de análise e resolução de problemas. São também dadas demonstrações sempre que estas possam ajudar a clarificar as definições e os teoremas apresentados. A matéria lecionada é sempre ilustrada por exemplos.**Para consolidar os conhecimentos transmitidos e fomentar a autonomia, os estudantes são encorajados a resolver antecipadamente fichas de trabalho com problemas e exercícios relativos a cada aula TP. Nas aulas TP faz-se o acompanhamento dos estudantes verificando a resolução de exercícios propostos, esclarecendo dúvidas surgidas na resolução, assim como outras dúvidas relacionadas com as matérias em estudo.**Avaliação distribuída sem exame final.***4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):***In the lectures, important concepts and results will be presented, giving special emphasis to their practical applications. In order to clarify the definitions and theorems presented, proofs will be given each and every time that these might help to achieve their understanding. Illustrative examples will always be presented.**In order to ensure to consolidate the concepts and techniques taught in the lectures and, simultaneously, to promote their autonomy, the following method will be adopted for the exercise classes. The students are encouraged to autonomously solve a number of proposed problems prior to each session. During the exercise classes the students' problem solutions are checked and questions regarding these solutions (or any other related subject of the course) are clarified.**Type of assessment: By means of tests during the semester; no final exam.***4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***O processo de ensino-aprendizagem estará centrado no trabalho do estudante e no acompanhamento pelo docente da sua evolução na aquisição de conhecimentos e competências. No caso desta unidade curricular será adotada uma metodologia de ensino que privilegia a aquisição das competências, especializadas e específicas, que capacitem o estudante para a aplicação de conceitos e técnicas de álgebra linear na resolução de problemas práticos.***4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:***The teaching-learning process will be focused on the work carried out by the students. This work will be monitored in order to ensure the students' evolution in the acquisition of knowledge and relevant skills. In the case of this course, a teaching methodology will be adopted that favors the acquisition of specialized and specific skills that will enable the student to apply linear algebra concepts and techniques in solving practical problems.***4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- Santana, A. P. & Queiró, J. P. (2010). *Introdução à Álgebra Linear*. Gradiva.
- Cabral, I., Perdigão, C. & Carlos Saiago, C. (2009). *Álgebra Linear*. Escolar Editora.
- Strang, G. (2009). *Introduction to Linear Algebra*. Wellesley-Cambridge Press.

Mapa IV - Circuitos 1**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Circuitos 1***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Circuits 1*

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*CFEL***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***121,5***4.4.1.5. Horas de contacto:***T: 19,5, PL: 26***4.4.1.6. ECTS:***4,5***4.4.1.7. Observações:***As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes.***4.4.1.7. Observations:***The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***José Alfredo Ribeiro da Silva Matos: 19,5 T (2 turmas), 26 PL (10 turmas)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***José Carlos dos Santos Alves: 19,5 T2 turmas), 26 h PL (10 turmas)**Maria Inês Barbosa de Carvalho: 52 h PL (10 turmas)**Maria Helena Osório Pestana de Vasconcelos: 52 h PL (10 turmas)**Helder Filipe Duarte Leite: 52 h PL (10 turmas)**Carlos Coelho Leal Monteiro Moreira: 52 h PL (10 turmas)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Após conclusão da unidade curricular os estudantes deverão ser capazes de:*

- 1. Conhecer e saber explicar as relações entre as grandezas elétricas fundamentais: carga elétrica, tensão, corrente e potência.*
- 2. Aplicar as leis dos circuitos elétricos para simplificar e analisar circuitos elétricos lineares, constituídos por resistências, fontes ideais independentes e fontes controladas de tensão ou de corrente, em regime de corrente contínua.*
- 3. Realizar e interpretar medidas experimentais de grandezas elétricas fundamentais em circuitos elétricos elementares.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*ENG After concluding this course the students will be able to:*

- 1. Understand and explain the concepts and relationships between the fundamental electric quantities: electric charge, voltage, current and power;*
- 2. Apply the laws of electric circuits to simplify and analyze electric linear circuits built with resistors and ideal independent and controlled voltage or current sources, in DC operating mode.*
- 3. Perform and interpret experimental measurements of resistance, voltage and current in basic electric circuits.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Grandezas elétricas (carga elétrica, corrente e tensão) e elementos básicos de circuitos elétricos lineares (fontes ideais de tensão e fontes ideais de corrente, independentes e controladas, e resistências).*
- 2. Leis fundamentais dos circuitos elétricos: lei de Ohm; leis de Kirchhoff das correntes e tensões; associações série e paralelo de elementos básicos de circuitos; divisor de tensão e divisor de corrente.*
- 3. Potência e energia elétricas: princípio da conservação de energia.*
- 4. Métodos estruturados para análise de circuitos elétricos: análise nodal e análise de malhas.*
- 5. Teoremas e circuitos equivalentes de Thévenin e de Norton: determinação dos modelos equivalentes e equivalência entre esses modelos; condição de transferência de potência máxima para uma resistência.*
- 6. Princípio da linearidade e sobreposição.*
- 7. Modelos lineares de fontes reais de tensão e de corrente; equivalência entre fontes de tensão e de corrente.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Electric quantities (electric charge, voltage and current) and basic elements of linear electric circuits (ideal voltage and current sources, independent and controlled, and electric resistance).*
- 2. Fundamental laws of electric circuits: Ohm's law, Kirchhoff voltage and current laws; series and parallel*

associations of electric elements; voltage and current divider circuits.

3. Electric power and energy; energy conservation.

4. Structured methods for circuit analysis: node-voltage and mesh-current methods

5. Thévenin and Norton equivalent circuits; transformation between these two equivalent models; maximum power transfer.

6. Principle of linearity and superposition.

7. Linear models of real voltage and current sources and equivalence between these models.

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

Os conteúdos programáticos estão construídos de forma a fornecer aos estudantes os conhecimentos teóricos e práticos que lhes permitam atingir os objetivos de aprendizagem enunciados. O objetivo de aprendizagem 1 é satisfeito pelo tópico 1 do programa, onde se introduzem as grandezas elétricas fundamentais e as relações matemáticas e físicas entre elas. Para o objetivo 2 contribuem os tópicos 2 a 6 do programa, onde se expõem e exercitam os métodos para simplificação e análise de circuitos elétricos lineares operando em regime de corrente contínua. O objetivo de aprendizagem 3 é satisfeito de forma progressiva ao longo da unidade curricular através da realização de uma série de trabalhos práticos laboratoriais onde os estudantes utilizam dispositivos elétricos reais e equipamentos laboratoriais para medida e análise experimental do comportamento de circuitos elétricos e realização de medidas de tensão, corrente e resistência.

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

The course syllabus is organized to give the students the theoretical, technical and practical background required for achieving the learning outcomes. The first learning outcome is covered by topic 1 of the course syllabus, where the fundamental electric quantities are introduced, along with the mathematical and physical relationships between them. Topics 2 to 6 contribute to the second learning outcome and teach methods to simplify and analyze electric linear circuits in DC operating mode. The third learning outcome is addressed during the laboratory classes with a series of laboratory assignments, where the students build real electric circuits and use laboratory equipment for analyzing experimentally the behavior of circuits and practice the measurement of voltage, current and resistance.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A lecionação da unidade curricular desenvolve-se em aulas teóricas e aulas práticas laboratoriais. Nas aulas teóricas (1.5h) tem lugar a exposição dos tópicos programáticos, acompanhada da resolução de exemplos ilustrativos. Nas aulas práticas laboratoriais (2h) são realizados exercícios de aplicação das técnicas de análise de circuitos expostas anteriormente nas aulas teóricas e são desenvolvidos trabalhos experimentais. Nestes são analisados e ensaiados circuitos em corrente contínua, permitindo aos estudantes lidar com componentes elétricos reais e com os instrumentos de medida comuns.

A avaliação final (CF) obtém-se combinando a classificação de um exame escrito (AE) com a nota de avaliação distribuída que resulta da soma das classificações de dois minitestes (AM) e a dos trabalhos laboratoriais (AL), contando para esta componente os resultados obtidos em pelo menos 5 trabalhos laboratoriais.

A classificação final é obtida pela expressão: $CF = 0.5 AE + 0.3 AM + 0.2 AL$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The curricular unit is organized in theoretical classes (1.5h) and laboratory classes (2h). The theoretical classes are used for presenting the syllabus topics and also to illustrate practical problem and solve examples of exercises. In the laboratory classes the students solve exercises addressing the matters presented previously in the theoretical classes and perform experimental laboratory exercises, to face the students to real electric devices and standard measurement equipment.

The final grade (FG) is the sum of the classification of a final written exam given at the end of the course (FE) and the classification of the distributed evaluation formed by two mini-tests (MT) and a minimum of 5 laboratory assignments (LA). The final grade is calculated as $FG = 0.5 FE + 0.3 MT + 0.2 LA$

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

A aprendizagem dos conceitos e métodos associados aos objetivos de aprendizagem 1 e 2 assenta na exposição das matérias, realizada nas aulas teóricas, acompanhadas com a resolução de exercícios ilustrativos e exemplos práticos que ilustram a aplicação dos conceitos e das técnicas estudadas para análise de circuitos. As aulas laboratoriais em que os estudantes resolvem exercícios de aplicação das matérias apresentadas nas aulas teóricas, complementam o processo de aprendizagem da matéria relativa aos objetivos 1 e 2.

Com o objetivo de aprendizagem 3 pretende-se que os estudantes adquiram aptidões que lhes permitam compreender o comportamento de circuitos elétricos reais, interpretar as medidas de grandezas elétricas realizadas com o multímetro e justificar os desvios observados num circuito real para os resultados previstos pelos modelos ideais.

Para isso a unidade curricular contempla a realização de pelo menos 5 trabalhos práticos laboratoriais abordando os temas seguintes: (i) medidas de grandezas elétricas fundamentais com o multímetro, (ii) análise experimental de circuitos divisor de tensão e divisor de corrente e da associação em série e paralelo de resistências, (iii) análise do erro de medida introduzido pelo multímetro devido ao efeito de carga, (iv) caracterização experimental de uma fonte de tensão não ideal e (v) determinação do modelo equivalente de Thévenin/Norton de um circuito e análise experimental da curva de potência entregue a uma resistência de carga.

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

The concepts and methods associated to the learning outcomes 1 and 2 are presented in the theoretical classes together with the circuit analysis methods, with the help of illustrative exercises and real-life examples. The laboratory classes, where the students solve exercises addressing the application of the topics presented in the theoretical

classes, also contribute to the learning outcomes 1 and 2.

To achieve the learning outcome 3, a minimum of five laboratory activities are organized in the practical classes. These activities contribute to developing the practical skills necessary to understand the differences between the behavior of ideal circuit models and real circuits, and also to interpret correctly the measurements and deviations observed when dealing with real electric circuits. The laboratory activities address the following themes: (i) basic measurements of voltage, current and resistance with the multimeter, (ii) analysis and measurements on voltage divider and current divider circuits, and on series and parallel associations of resistors, (iii) analysis of the load effect while measuring voltages and currents, (iv) experimental characterization of a real voltage source with a linear approximation and (v) experimental characterization of a Thévenin/Norton equivalent circuit and analysis of the power transfer to a resistive load.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Nilsson, J. W. (2018). Electric circuits, 10th edition. Pearson Education. ISBN: 978-013-3760-03-3.

Faria, J. B. (2016). Análise de Circuitos, 3ª edição. IST Press. ISBN: 978-989-8481-50-4.

Mapa IV - Programação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Programação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Programming

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

26 T, 26 PL

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 12 turmas P.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. Twelve P classes.

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

Luís Filipe Pinto de Almeida Teixeira: 26 h T, 104 h PL Total: 12 turmas PL, 2 turmas T

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

Gil Manuel Magalhães de Andrade Gonçalves: 26h T (2 turmas T)

Eurico Manuel Elias de Moraes Carrapatoso: 52h PL (12 turmas PL)

Hélio Mendes de Sousa Mendonça: 52h PL (12 turmas PL)

Jaime dos Santos Cardoso: 52h PL (12 turmas PL)

Docente acontratar: 52h PL (12 turmas PL)

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

Adquirir os conhecimentos essenciais de programação, usando como linguagem de suporte a linguagem C.

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

- *Discutir conceitos base de programação, como algoritmo, variável, estrutura de controlo, função e vetor.*
- *Conceber programas de computador simples, para aplicações genéricas.*
- *Concretizar tais programas em código-fonte da linguagem de programação C e em programas executáveis.*
- *Efetuar a depuração (debugging) de programas com problemas de conceção e implementação.*

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

The goal of this course is to give to the students the fundamental knowledge of programming, using C as the supporting programming language.

At the end of this course unit, the students should be able to:

- Discuss programming base concept, such as algorithm, variable, control structure, function and vector
- Plan simple computer programs for generic applications;
- Implement such programs in source-code of the C programming language and in executable files.
- Debug programs with conception and implementation problems

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- M1. Introdução.
- M2. Variáveis e tipos básicos de dados.
- M3. Estruturas de controlo.
- M4. Funções e recursividade.
- M5. Vetores genéricos.
- M6. Strings.
- M7. Estruturas de dados simples.
- M8. Ficheiros (de texto e binários).

4.4.5. Syllabus:

- M1. Introduction.
- M2. Variables and basic data types.
- M3. Control structures.
- M4. Functions.
- M5. Generic arrays.
- M6. Strings.
- M7. Simple data structures.
- M8. Files (text and binary).

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

Esta unidade curricular aborda os conceitos base de introdução à programação de computadores. São apresentados e discutidos exemplos de programas simples para fornecer uma competência sólida no desenvolvimento de programas de pequena e média complexidade, usando a linguagem de programação C e aplicando o paradigma da programação imperativa (procedimental).

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

This course covers the fundamental concepts of introduction to computer programming. Simple examples of computer programs are presented and discussed to provide a solid competence to the students on the development of small and medium complexity computer programs. These computer programs are developed using the C programming language and applying the imperative (procedural) programming paradigm.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas é feita a exposição formal da matéria, sempre ilustrada com exemplos de aplicação. Nas aulas práticas, os estudantes constroem programas simples, primeiro planeando-os e, depois, escrevendo-os, testando-os e corrigindo-os. Para além das aulas previstas, os estudantes podem frequentar períodos de estudo acompanhado.

Fórmula de avaliação: Nota Final = 0,4 F + 0,6 MT

** Nota de frequência (mínimo 50%)*

F = 0,5 UT + 0,375 PE + 0,125 P

onde:

UT - média das notas dos 3 micro-testes previstos (nas aulas práticas)

PE - preparação dos problemas de aplicação da matéria

P - participação nas aulas teóricas e práticas.

** Nota dos minitests (mínimo 40%)*

MT = 1/3 MT1 + 2/3 MT2

onde:

MT1, MT2 - nota dos 2 minitests previstos

** Nota final com todas as componentes*

Nota Final = 0,2 UT + 0,15 PE + 0,05 P + 0,2 MT1 + 0,4 MT2

Coerência entre nota de frequência e nota dos minitests: a nota da frequência não poderá ser 5 (cinco) valores superior à nota dos minitests (o contrário não s

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The lectures present the main theoretical topics as well as illustrating exercises. In the programming laboratory, the students to plan, write, execute and improve simple console programs. There are also sessions of accompanied study besides the regular classes.

Evaluation formula: Final Grade = 0,4 F + 0,6 MT

** Continuous evaluation (minimum 50%)*

F = 0,5 UT + 0,375 PE + 0,125 P

where:

UT – average of the grade of the 3 micro-tests (during lab classes)

PE - preparation of problems that apply the course's content

P - overall participation and performance during the lectures and lab classes

** Minitests (minimum 40%)*

MT = 1/3 MT1 + 2/3 MT2

where:

MT1, MT2 - grade of the 2 minitests

** Final grade combining all components*

Final Grade = 0,2 UT + 0,15 PE + 0,05 P + 0,2 MT1 + 0,4 MT2

Coherence between individual and group grade: the continuous evaluation grade must not exceed five (5) values of the minitests grade (the reverse does not apply).

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

A unidade curricular possui componentes científicas e tecnológicas adequadas aos estudantes que entram no ensino superior. Da parte dos docentes, a exposição dos conteúdos é complementada com exemplos de aplicação, usando uma metodologia que obtém a descrição final da solução de problemas, através da decomposição hierárquica em subproblemas mais simples e contidos.

Os estudantes efetuam um trabalho de compreensão, análise e solução algorítmica para os exercícios propostos em cada aula prática, contribuindo a análise e decomposição de dois dos exercícios para a componente de nota final de cada estudante.

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

The course has scientific and technological components suitable for the students that start undergraduate education.

The exposition of content by the teachers is complemented with examples of application, using a methodology that achieves the solution of problems through the hierarchical decomposition into simpler and restricted subproblems.

The students perform a task of comprehension, analysis and algorithmic solution to the proposed exercises in each lab class. Also, the students perform this analysis task for two weekly exercises, which contributes to the students' final grade.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Deitel, P. J., Deitel, H. (2016). C how to program. Pearson Education Limited.

Rocha, A. A. (2006). Introdução à Programação usando C. FCA.

Kernighan, B. W., & Ritchie, D. M. (1988). The C programming language (2nd ed.). Prentice Hall.

Damas, L. (1999). Linguagem C. FCA.

Sá, M. (2004). Fundamentos de programação usando C (4ª ed.). FCA

Mapa IV - Sistemas Digitais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas Digitais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Digital Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EL-SD

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T: 19,5h, TP: 13h, PL: 19,5h

4.4.1.6. ECTS:

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes, 12 turmas PL, 2 turmas TP.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students, 12 PL classes, 2 TP classes.

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

José Alfredo Ribeiro da Silva Matos. 19,5h T (2 turmas) + 13h TP (2 turmas) + 39 PL (9 turmas)

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

António José Duarte Araújo. 19,5h T (2 turmas) + 13h TP (2 turmas) + 39 PL (9 turmas)

José Carlos dos Santos Alves: 39h PL (9 turmas)

Hélio Mendes de Sousa Mendonça: 58,5 PL (9 turmas)

Docente a contratar: 58,5 PL (9 turmas)

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

Nesta UC os estudantes adquirem os conhecimentos fundamentais necessários para analisar e projetar sistemas digitais combinatórios e sequenciais de pequena dimensão, e compreender a sua utilização na realização das unidades de controlo e de dados de uma arquitetura de computação simples. Este conhecimento permite-lhes compreender a organização, o funcionamento e o modelo de programação de um processador real, para o qual aprendem a desenvolver programas simples em linguagem assembly. Os estudantes desenvolvem também competências ligadas à utilização de linguagens de descrição de hardware (HDL) e de ferramentas computacionais na especificação, simulação e síntese de sistemas digitais, para implementação em plataformas reconfiguráveis.

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

In this course students acquire the fundamental knowledge needed to analyze and design small combinatorial and sequential digital systems, and to understand their use in the realization of control and data units of a simple computing architecture. This knowledge allows them to understand the organization, operation, and programming model of a real processor, for which they learn to develop simple assembly language programs. Students also develop skills related to the use of hardware description languages (HDL) and computational tools in the specification, simulation and synthesis of digital systems for implementation on reconfigurable platforms.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A. Sistemas de numeração posicional. Representação de números inteiros, com e sem sinal. Aritmética binária.

B. Álgebra de Boole: aplicação à simplificação de expressões lógicas. Análise e síntese de circuitos combinatórios utilizando portas lógicas e blocos funcionais mais complexos (tais como, multiplexadores, decodificadores e comparadores).

C. Dispositivos digitais bi-estáveis (flip-flops) e sua utilização na realização de circuitos sequenciais síncronos.

Análise e síntese de máquinas de estados simples, utilizando flip-flops do tipo D e blocos de lógica combinatória.

Análise e síntese de circuitos sequenciais, baseados em contadores e registos de deslocamento.

D. Identificação dos principais blocos constituintes de uma arquitetura de processamento, e apresentação da organização e funcionamento de um processador real e do seu conjunto de instruções. Introdução à programação em linguagem assembly, envolvendo operações de acesso à memória e utilização de subrotinas.

4.4.5. Syllabus:

1000 characters

A. Positional Number systems. Representation of integers, with and without sign. Binary arithmetic.

B. Boolean Algebra: application to the simplification of logical expressions. Analysis and synthesis of combinatorial circuits using more complex logic gates and function blocks (such as multiplexers, decoders and comparators).

C. Bi-stable digital devices (flip-flops) and their use in making synchronous sequential circuits. Analysis and synthesis of simple state machines using D-type flip flops and combinatorial logic blocks. Analysis and synthesis of sequential circuits, based on counters and shift registers.

D. Identification of the main building blocks of a processing architecture, and presentation of the organization and operation of a real processor and its instruction set. Introduction to assembly language programming, involving memory access operations and use of subroutines.

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

Os conteúdos dos pontos A e B fornecem conhecimentos necessários para analisar e desenvolver circuitos que realizam funções combinatórias simples. A introdução, no ponto C, de dispositivos bi-estáveis e do conceito de máquina de estados, habilita os estudantes a analisar e sintetizar circuitos sequenciais síncronos, descritos por

diagramas e tabelas de transição de estados e saídas. Nos pontos B e C são também introduzidos blocos funcionais mais complexos e a sua utilização na realização de unidades de controlo e de processamento digital. A compreensão da organização interna de um processador e o desenvolvimento de competências de programação em assembly têm por base os conteúdos do ponto D. São apoiados por aulas laboratoriais em que os estudantes utilizam ferramentas computacionais na especificação (Verilog), simulação e síntese em FPGA de um processador elementar, e desenvolvem programas em assembly para uma arquitetura RISC, que validam com a ajuda de um simulador.

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

1000 characters

The contents of points A and B provide the knowledge needed to analyze and develop circuits that perform simple combinatorial functions. The introduction at point C of bi-stable devices and the state machine concept enables students to analyze and synthesize synchronous sequential circuits, described by state and output transition diagrams and tables. Points B and C introduce more complex functional blocks and their use in the construction of control and digital processing units.

Understanding the internal organization of a processor and developing assembly programming skills are based on the contents of point D. They are supported by laboratory classes in which students use software tools for specification (Verilog), simulation and synthesis, in an FPGA, of an elementary processor, and develop assembly programs for a RISC architecture, which they validate with the help of a simulator.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas T e TP são fundamentalmente dedicadas à exposição da matéria e à apresentação de exemplos ilustrativos, utilizando o quadro e slides previamente disponibilizados aos estudantes. São ainda utilizadas para apresentar os trabalhos laboratoriais a realizar nas aulas PL da semana seguinte, salientando os aspetos teóricos envolvidos e o trabalho de preparação exigido para a sua realização.

Cerca de 1/3 das aulas PL é dedicado à realização de exercícios, sendo os restantes 2/3 ocupados com trabalhos laboratoriais baseados em guiões previamente disponibilizados e explicados.

A avaliação é distribuída sem exame final. É determinada por uma componente teórico-prática, envolvendo a realização de dois testes, e por uma componente prática constituída por duas fichas laboratoriais. As quatro provas contribuem com igual peso para a classificação final, sendo exigida, para aprovação, uma classificação mínima de 6 valores em cada uma das componentes.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1000 characters

T and TP classes are mainly devoted to the presentation of the subject and the presentation of illustrative examples, using the board and slides previously made available to students. They are also used to present the laboratory work to be carried out in next week's PL classes, highlighting the theoretical aspects involved and the preparation work required for their completion.

About 1/3 of the PL classes are devoted to exercises, with the remaining 2/3 occupied with laboratory work based on scripts previously made available and explained.

The assessment is distributed, without a final exam. It is determined by a theoretical-practical component, involving the performance of two tests, and a practical component consisting of two laboratory fiches. The four tests contribute with equal weight to the final classification. A minimum classification of 6 out of 20 in each of the components is required for passing the course.

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

Os conhecimentos fundamentais relativos aos quatro pontos dos conteúdos programáticos, são primeiro apresentados de uma forma expositiva tradicional nas aulas teóricas, e depois aprofundados e concretizados em exercícios propostos e resolvidos em aulas práticas. É disponibilizado um livro de exercícios contendo um número elevado de problemas resolvidos, e os estudantes são encorajados a resolver o maior número possível de problemas propostos, e a esclarecer as dúvidas que tenham nas aulas práticas.

Uma parte considerável dos objetivos de aprendizagem esperados não pode ser adquirida desta forma. Assim, a aquisição de competências relacionadas com a utilização de linguagens de descrição de hardware tem lugar através da realização de trabalhos laboratoriais em que os estudantes são guiados e confrontados com a necessidade de completar descrições em Verilog, ou a produzir descrições de blocos lógicos a partir de outros mais simples, numa filosofia de projeto baseada em modularidade e hierarquia que se pretende que desenvolvam e interiorizem. A familiarização com ferramentas computacionais tem também lugar aí, através da simulação e síntese das descrições Verilog produzidas, seguida da sua verificação e teste numa placa com uma FPGA. Para este efeito, o conjunto de trabalhos propostos conduz ao desenvolvimento de um processador com uma arquitetura muito simples, que vai sendo aumentado e refinado de forma incremental. Conceitos como os de programa residente em memória, de descodificação de instruções ou de alteração da sequência de execução através de saltos condicionais, bem como de mecanismos básicos de entrada/saída são adquiridos de forma natural com base nas soluções de baixo nível que os implementam. O conhecimento assim desenvolvido facilita a compreensão dos aspetos essenciais da arquitetura de um processador real e do seu modelo de programação, habilitando os estudantes a progredirem rapidamente na aprendizagem de conceitos e técnicas de programação em assembly que aplicam no desenvolvimento de programas cuja execução acompanham num ambiente de simulação.

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

3000 characters

The fundamental knowledge related to the four points of the syllabus are first presented in a traditional expositive way

in the theoretical classes, and then deepened and concretized in exercises that are solved in practical classes. A workbook containing a high number of solved problems is provided, and students are encouraged to solve as many proposed problems as possible, and to clarify doubts in the practical classes. A significant part of the expected learning outcomes cannot be achieved in this way. Thus, the acquisition of skills related to the use of hardware description languages is achieved by means of a set of laboratory activities in which students are guided and confronted with the need to complete descriptions in Verilog, or to generate logical block descriptions from simpler ones, using a design philosophy based on modularity and hierarchy that they are expected to acquire and develop. Familiarization with computational tools is also achieved in the lab, through the simulation and synthesis of the Verilog descriptions they produce, followed by their verification and testing on an FPGA board. For this purpose, the set of proposed activities leads to the development of a processor with a very simple architecture, which is augmented and refined incrementally. Concepts such as memory resident programs, instruction decoding, or changing the sequence of execution thorough conditional jumps, as well as basic input/ output methods are acquired naturally by the students, based on the low-level solutions they implement. The knowledge thus developed facilitates understanding of the essential aspects of a real processor architecture and its programming model, enabling students to make rapid progress in learning the assembly programming concepts and techniques that they use in developing programs whose execution they monitor in a simulation environment.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1000 caracteres

Alves, J. C. (2005). Sistemas Digitais. Autor/FEUP.

Araújo, A. J. (2018). Laboratório de Sistemas Digitais - Exercícios resolvidos e propostos. Autor/FEUP.

Arroz, G., Monteiro, J., Oliveira, A. (2007). Arquitetura de Computadores: dos Sistema Digitais aos Microprocessadores". IST Press. ISBN: 9789728469542.

Dias, M. (2013). Sistemas Digitais - Princípios e Prática. FCA. ISBN: 978-972-722-700-6.

Wakerly, J.F. (2018). Digital design: Principles and Practices, 5th Edition. Pearson. ISBN-13: 9780134460093.

Patterson, D. A., Hennessy, J. L. (2014). Computer organization and design: The Hardware/Software Interface, 5th Edition. Elsevier. ISBN: 978-0-12-407726-3.

Mapa IV - Análise Matemática 2

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise Matemática 2

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mathematical Analysis 2

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

Teóricas: 26, Teórico-Práticas: 26

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 12 turmas TP.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 12 TP classes.

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

Maria do Rosário Marques Fernandes Teixeira de Pinho: 26h T (2 turma), 78h TP (12 turmas)

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

Vitor Manuel Martins Cicouro de Pêra: 26h T (2 turma), 78h TP (12 turmas)

Maria Margarida de Amorim Ferreira: 78h TP (12 turmas)

Fernando Arménio da Costa Castro e Fontes: 52h TP (12 turmas)

Ricardo Santos Morla: 26h TP (12 turmas)

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

O objetivo é fornecer aos estudantes bases sólidas em análise e cálculo vetorial de forma a promover a sua utilização em problemas de engenharia. Para permitir uma transição suave de AMAT1, e a análise multivariável tratada nesta UC dá-se ênfase a conceitos em $\mathbb{R}^2$ e $\mathbb{R}^3$; embora generalização a espaços de dimensão superior será também pontualmente considerada. Os métodos e conceitos estudados nesta UC, sendo parte da formação básica em qualquer curso de engenharia, deverão ser completados com aplicações básicas em Engenharia Eletrotécnica de forma a facilitar a utilização destes conceitos no desenvolvimento futuro dos estudantes. Pretende-se também estimular uma atitude crítica na análise de problemas de Engenharia e a capacidade de aplicação dos conceitos apreendidos na resolução de problemas práticos. Esta UC deverá também possibilitar uma aprendizagem futura de conceitos mais avançados que surjam no seu percurso de formação académica e/ou profissional.

Aquisição de um corpo d

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

The aim is to provide students with solid knowledge and understanding in vector analysis and calculus in order to promote their use in engineering problems. To allow for a smooth transition from AMAT1, the main concepts are first explored and studied in $\mathbb{R}^2$ and $\mathbb{R}^3$; generalization to higher-dimension is also considered. Methods and concepts here are complemented with applications in Electrical Engineering to foster the use of these concepts in the future development of students. A strong focus of this UC is to stimulate independent reasoning and a critical attitude in the analysis of Engineering problems and the ability to apply the concepts learned to solve practical problems. This UC should also prepare the student for future learning of more advanced concepts that emerge in their academic and/or professional training course. It is intended to provide a solid preparation in differential and integral calculus and to prepare the skills and ingenuity in fundamental modeling techniques.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1) Curvas, funções vetoriais de variável real e movimento.
- 2) Vetores e geometria no plano e no espaço.
- 3) Cálculo diferencial
 - 3.1) Funções reais de várias variáveis: continuidade e diferenciabilidade
 - 3.2) Funções vetoriais de várias variáveis: continuidade e diferenciabilidade
 - 3.3) Máximos e mínimos livres e condicionados
- 4) Integrais Múltiplos
- 5) Cálculo vetorial: integrais de linha e de superfície.

4.4.5. Syllabus:

- 1) Parametric equations, parametric curves and motion.
- 2) Vectors and Geometry in the plane and the space.
- 3) Differential Calculus
 - 3.1) Real functions with several variables: continuity and differentiability
 - 3.2) Vector functions with several variables: continuity and differentiability
 - 3.3) Maximum and minimum and Lagrange multipliers
- 4) Multiple Integrals
- 5) Vector Calculus: line integrals and surface integrals

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

Todos os conteúdos estão organizados de forma encadeada e integrada permitindo cobrir conceitos e técnicas fundamentais de análise multivariável. Dá-se ênfase à compreensão da necessidade dos novos conceitos e resultados assim como a sua visualização geométrica.

A sedimentação dos conceitos é feita, sempre que possível e em todos os pontos dos conteúdos programáticos, com a sua aplicação a problemas concretos relacionados com a área de engenharia onde a unidade curricular se insere, obrigando à análise e à procura de métodos de resolução alternativos. No conjunto, pretende-se promover a aquisição de conhecimentos de análise multivariável e desenvolvimento do raciocínio independente. Os conteúdos programáticos inserem-se num ambiente de cálculo multivariável e o exposto anteriormente contribui para os objetivos de aprendizagem apresentados atrás: aquisição de bases sólidas na compreensão dos conceitos, saber aplicar e criticar resultados.

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

All the contents of the syllabus are organized in a linked and integrated way so as to cover the fundamental concepts and techniques of multivariable analysis. Emphasis is placed on understanding all the concepts and results as well as their geometric visualization.

The consolidation of knowledge is done, whenever possible and in all points of the syllabus, with its application to concrete problems related to the engineering area of the curricular unit, forcing the analysis and the search for alternative resolution methods. As a whole, it is intended to promote the acquisition of knowledge of multivariable analysis and the development of independent reasoning. Altogether, it is intended to promote the acquisition of knowledge of multivariate analysis and the development of independent reasoning. The syllabus contents are inserted

in a multivariable calculation environment and the above exposed contributes to the learning objectives presented above: acquisition of solid bases in unders

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas - Exposição dos temas programáticos ilustrada por exemplos que permitem clarificar os conceitos e resultados apresentados.

Aulas teórico-práticas - Resolução de exercícios, propostos e resolvidos pelo docente, estimulando-se a participação ativa dos estudantes com sugestões diversas de resolução desses mesmos exercícios e crítica dos resultados obtidos.

Utilização de ferramentas computacionais no tratamento de dados.

Tipo de avaliação: Avaliação distribuída com exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures: presentation of the themes of the course illustrated by examples, which explain the concepts and results provided;

Tutorial classes: exercises proposed and solved by the professor. Students will be encouraged to actively participate in class by suggesting solutions to the exercises and by criticizing results.

Type of evaluation: "Avaliação distribuída com exame final"

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

Os resultados de aprendizagem descritos são melhor alcançados quando os estudantes são expostos a novos conceitos em contextos familiares, com exemplos ilustrativos nas aulas teóricas e, posteriormente, com a sua aplicação na resolução de exercícios selecionados para trabalho individual. As aulas TP servem para esclarecimento de dúvidas, colmatar falhas na aprendizagem e sedimentar conhecimentos.

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

The desired learning outcomes are best achieved when students are exposed to new concepts in familiar contexts, with illustrative examples in theoretical classes and later, through their own effort trying to solve exercises selected for individual work. The TP classes serve to clarify doubts, correct learning failures and solidify knowledge

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Rocha, P. (1999). Cálculo II, Universidade de Aveiro. ISBN: 972-8021-50-X

E. Larson, Roland & P. Hostetler, Robert & H. Edwards, Bruce. (2006). Cálculo com geometria analítica. ISBN: 85-86804-82-7

A. McQuarrie, Donald. (2003). Mathematical Methods for Scientists and Engineers, Univ. Sci. Books, Sausalito, California. ISBN: 1-891389-29-7

Mapa IV - Mecânica e Ondas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Mecânica e Ondas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mechanics and Waves

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T: 39h, TP: 19,5

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. Onze turmas TP.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. Eleven TP classes.

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

Paulo Jorge Valente Garcia: T-78h (2 turmas)

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

António José dos Santos Silva; 58,5h TP (11 turmas)

Carlos Daniel Diogo Matias Pintassilgo: 78h TP (11 turmas)

Francisco José Baptista Salzedas : 78h TP (11 turmas)

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

- a) Apresentar uma discussão detalhada dos conceitos básicos da mecânica clássica e dos fenómenos ondulatórios, procurando desenvolver a intuição e a capacidade de pensar em termos físicos;*
- b) Introduzir as ferramentas matemáticas necessárias sempre com motivação física;*
- c) Desenvolver a capacidade de aplicar a matemática a problemas do mundo real da física e da engenharia;*
- d) Incluir exemplos de aplicação não triviais para ilustrar o alcance dos resultados obtidos e com referência a tópicos atuais.*

Os estudantes com aproveitamento são capazes de:

- 1 - Explicar conceitos e fenómenos físicos básicos de mecânica clássica e fenómenos ondulatórios, usando vocabulário apropriado.*
- 2 - Usar as leis que regem esses fenómenos básicos para calcular grandezas físicas relevantes.*
- 3 - Mostrar como os conceitos referidos explicam fenómenos observados no dia-a-dia, e como se aplicam a problemas da engenharia.*
- 4 - Trabalhar em grupo e serem igualmente capazes de resolver problemas de forma independente.*

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

- a) Present a detailed discussion of the basic concepts of classical mechanics and wave phenomena, seeking to develop intuition and the ability to think in physical terms;*
- b) Introduce the necessary mathematical tools always with physical motivation;*
- c) Develop the ability to apply mathematics to real-world problems in physics and engineering;*
- d) Include nontrivial application examples to illustrate the scope of the results obtained and reference, where possible, to topics of current interest.*

Successful students should be able to:

- 1 - Explain basic physical concepts and phenomena of classical mechanics and wave phenomena, using appropriate vocabulary.*
- 2 - Use the laws governing these basic phenomena to calculate relevant physical quantities.*
- 3 - Show how these concepts explain phenomena observed in everyday life, and how they apply to engineering problems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

I - MECÂNICA CLÁSSICA (19 aulas T de 1,5h)

- 1 - Introdução à Física. Unidades, grandezas físicas e sistemas de medida*
 - 2 - Vetores e cálculo vectorial*
 - 3 - As leis de Newton do movimento e suas aplicações*
 - 4 - Trabalho, energia e conservação da energia*
 - 5 - Sistemas de partículas e leis de conservação da quantidade de movimento e do momento angular*
 - 6 - Movimento e equilíbrio estático de corpos rígidos*
- II - FENÓMENOS ONDULATÓRIOS (7 aulas T de 1,5h)*
- 1 - Oscilações harmónicas simples. Oscilações com atrito e forçadas. Osciladores acoplados.*
 - 2 - Ondas. Velocidade de propagação, amplitude, frequência e fase. Equação de onda.*
 - 3 - Propagação de ondas. Reflexão e transmissão. Efeito Doppler.*

4.4.5. Syllabus:

I - CLASSICAL MECHANICS (19 T classes 1,5h each)

- 1 - Introduction to Physics. Units, physical quantities and measurement systems*
 - 2 - Vectors and vector calculus*
 - 3 - Newton's laws of motion and their applications*
 - 4 - Work, energy and energy conservation*
 - 5 - Particle systems and laws of conservation of linear momentum and angular momentum*
 - 6 - Motion, and static equilibrium of rigid bodies*
- II - WAVE PHENOMENA (7 T classes 1,5h each)*
- 1 - Simple harmonic oscillations. Damped and forced oscillations. Coupled oscillators.*
 - 2 - Waves. Propagation speed, amplitude, frequency and phase. Wave equation.*
 - 3 - Wave propagation. Reflection and transmission. Doppler effect.*

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

Esta unidade curricular contém elementos fundamentais da mecânica clássica e fenómenos ondulatórios. Estes assuntos são apresentados numa sequência lógica, abrangente e coerente. Nesta unidade curricular apresentam-se problemas e exemplos de aplicação, juntamente com as ferramentas apropriadas para os resolver.

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

This curricular unit contains fundamental elements of classical mechanics and wave phenomena. These matters are presented in a logical, comprehensive and coherent sequence. This curricular unit presents problems and application examples, along with the appropriate tools to solve them.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas é apresentada a matéria a lecionar, discutem-se e resolvem-se problemas ilustrativos dessa mesma matéria, e realizam-se demonstrações experimentais sempre que tal for possível. Uma importante parte das aulas consiste na resolução de problemas pelos estudantes.

Carga lectiva semanal da UC: (1,5h + 1,5h) T e 1,5h TP.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Classes are presented to teach, discuss and solve illustrative problems of this subject, and conduct experimental demonstrations whenever possible. An important part of the classes is student problem solving.

CU weekly teaching load: (1,5h + 1,5h) T and 1,5h TP.

Assessment Type: Distributed assessment with final exam

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

O processo de ensino-aprendizagem estará centrado no trabalho do estudante e no acompanhamento pelo docente da sua evolução na aquisição de conhecimentos e competências. No caso desta unidade curricular será adotada uma metodologia de ensino que privilegia a aquisição das competências, especializadas e específicas que capacitem o estudante para a investigação na área da mecânica clássica e ondas.

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

The teaching-learning process will be centered on the student's work and the accompaniment by the teacher of his / her evolution in the acquisition of knowledge and competences. In the case of this course (Curricular Unit) will be adopted a teaching methodology that privileges the acquisition of skills, specialized and specific that enable the student to research in the field of classical mechanics and waves.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Serway, R.A., Jewett, J. W. (2014). Physics for Scientists and Engineers. Brooks/Cole.

Tipler, P. A., Mosca, G. (2009). Física para cientistas e engenheiros. LTC.

Alonso, M., Finn, E.J. (2012). Física. Escolar Editora.

Nussenzveig, H. M. (2002). Curso de física básica: Mecânica. Edgard Blücher LTDA.

Nussenzveig, H. M. (2002). Curso de Física básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. Edgard Blücher LTDA.

Mapa IV - Circuitos 2**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Circuitos 2

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Circuits 2

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CFEL

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:19,5; P L: 26

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 10 turmas PL.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 10 PL classes.

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

José Carlos dos Santos Alves: 19,5 h T (2 turmas) 52 h PL (10 turmas)

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

José Nuno Moura Marques Fidalgo: 19,5 h T (2 turmas), 104 h PL (10 turmas)

Maria Inês Barbosa de Carvalho: 52 h PL (10 turmas)

Artur Manuel de Oliveira Andrade Moura: 52 h PL (10 turmas)

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

Após conclusão da unidade curricular os estudantes deverão ser capazes de:

- 1. Explicar as relações entre tensão, corrente e energia em condensadores e indutâncias, bem como analisar a resposta dinâmica de circuitos RC e RL a estímulos do tipo degrau.*
- 2. Analisar circuitos elétricos em regime permanente alternado sinusoidal (AC) usando a análise fasorial e os conceitos de impedância e de admitância, bem como calcular e caracterizar a potência elétrica (ativa, reativa, aparente e complexa) transformada por elementos de circuitos elétricos em regime AC.*
- 3. Explicar o conceito e as vantagens do sistema trifásico nas redes de distribuição de energia elétrica e analisar circuitos trifásicos, incluindo os cálculos de potência.*
- 4. Aplicar o modelo de diporto linear para caracterizar amplificadores e analisar circuitos com amplificadores operacionais ideais.*
- 5. Utilizar ferramentas para simulação de circuitos elétricos e equipamento laboratorial para teste e medida, em especial o osciloscópio*

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

After concluding this course the students will be able to:

- 1. Explain the relationships between voltage, current and energy in capacitors and inductors, and analyze the step response of RC and RL circuits.*
- 2. Analyze electric circuits in sinusoidal steady state using the phasorial transform and the concepts of electric impedance, and characterize and calculate the power transformed by electric elements in sinusoidal steady state (active, reactive, apparent and complex).*
- 3. Explain the concept and advantages of the three-phase system in power distribution networks and analyze three-phase circuits, including power calculations.*
- 4. Apply the linear two-port model to characterize amplifiers and analyze circuits with ideal operational amplifiers.*
- 5. Use software tools for simulation of electric circuits (SPICE-based) and test and measurement laboratory equipment, in particular the oscilloscope.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Condensadores e indutâncias;*
- 2. Resposta em regime transitório de circuitos RC e RL (1ª ordem) a estímulos do tipo degrau;*
- 3. Sinais sinusoidais, transformada fasorial e relações fasoriais em elementos passivos: conceito de impedância e admitância;*
- 4. Análise de circuitos elétricos lineares em regime permanente alternado sinusoidal;*
- 5. Cálculo de potência em regime sinusoidal permanente;*
- 6. Circuitos trifásicos;*
- 7. Diportos lineares e circuitos com amplificadores operacionais ideais.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Capacitors and inductors*
- 2. Step response of first-order electric circuits built with one capacitor or one inductor (RC and RL).*
- 3. Sinusoidal signals, phasorial transform and the phasorial relationships in passive elements; the concept of impedance and admittance.*
- 4. Analysis of linear electric circuits in sinusoidal steady state.*
- 5. Power in electric circuits in sinusoidal steady state.*
- 6. Three-phase circuits.*
- 7. Linear two-port circuits and analysis of circuits with ideal operational amplifiers.*

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

O objetivo 1 é coberto pelos tópicos 1 e 2, onde se começa por introduzir os condensadores e indutâncias e as suas relações entre a tensão e a corrente, e em seguida se analisa a resposta de circuitos de 1ª ordem a degraus de tensão ou corrente. O objetivo 2 assenta nas leis e métodos de análise de circuitos estudadas antes (Circuitos 1) e é satisfeito com os tópicos 3, 4 e 5 do programa. Para atingir o objetivo de aprendizagem 3 é incluído no programa o capítulo 6 dedicado ao estudo introdutório de circuitos trifásicos. As competências de análise de circuitos amplificadores usando o modelo de diporto linear, bem como a análise de circuitos com amplificadores operacionais ideais (objetivo de aprendizagem 4) são garantidas pelo ponto 7 do programa. Finalmente, o objetivo de aprendizagem 5 é assegurado com a realização de um conjunto de trabalhos laboratoriais baseados na construção e caracterização de circuitos reais e na simulação de circuitos mais complexos.

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

Learning outcome 1 is covered by syllabus topics 1 and 2, where the passive elements capacitor and inductor are first introduced, with their relationships between voltage and current, followed by the study of the step response of first-order circuits. The second learning outcome builds on the laws and analysis techniques of linear circuits studied in the previous course (Circuits 1) and is covered by the syllabus topics 3, 4 and 5. Topic 6 introduces the three-phase circuits and thus contributes to the learning outcome 3. The competences of analysis of amplifier circuits using the two-port linear model and the study of circuits based on ideal operational amplifiers (referred as the learning outcome 4) is guaranteed by the syllabus topic 7. Finally, the last learning outcome is addressed during laboratory classes with a series of laboratory assignments, where the students build and characterize real circuits and use software tools for simulating and analyzing more complex circuits.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A lecionação da unidade curricular desenvolve-se em aulas teóricas e aulas práticas laboratoriais. Nas aulas teóricas (1.5h) tem lugar a exposição dos tópicos programáticos, acompanhada da resolução de exemplos ilustrativos. Nas aulas PL (2h) são realizados exercícios de aplicação dos temas expostos nas aulas teóricas, e são desenvolvidos trabalhos experimentais. Nestes são analisados e ensaiados circuitos reais e são usadas ferramentas de simulação para a análise de circuitos para os quais não é praticável a sua construção física em laboratório (por exemplo, circuitos trifásicos).

A avaliação final (CF) obtém-se combinando a classificação de um exame escrito (AE) com a nota de avaliação distribuída que resulta da soma das classificações de um miniteste (AM) e da classificação dos trabalhos laboratoriais (AL), contando para esta componente os resultados obtidos em pelo menos 6 trabalhos laboratoriais.

A classificação final é obtida pela expressão: $CF = 0.5 AE + 0.2 AM + 0.3 AL$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The curricular unit is organized in theoretical classes (1.5h) and laboratory classes (2h). The theoretical classes are used for presenting the syllabus topics and also to illustrate practical problem and solve examples of exercises. In the laboratory classes the students solve exercises addressing the matters presented previously in the theoretical classes and perform experimental laboratory works. In these works, real electric circuits are built and analyzed, and simulation tools are used to analyze circuits for which it is not feasible their physical construction in the laboratory (for example, three-phase circuits).

The final grade (FG) is the sum of the classification of a final written exam given at the end of the course (FE) and the classification of the distributed evaluation formed by one mini-test (MT) and a minimum of 6 laboratory assignments (LA). The final grade is calculated as $FG = 0.5 FE + 0.2 MT + 0.3 LA$

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

A metodologia de ensino prevista assenta em 2 tipos de aulas, com diferente organização e objetivos próprios. A aprendizagem dos conceitos e dos métodos abordados na unidade curricular, associados aos objetivos de aprendizagem 1 a 4, apoia-se na exposição nas aulas teóricas das matérias que constituem o programa da unidade curricular, incluindo a resolução de exercícios exemplificativos e a apresentação de casos práticos ilustrativos. As aulas práticas laboratoriais permitem consolidar a aprendizagem desses conceitos e são divididas entre aulas para resolução de exercícios e aulas para realização de trabalhos práticos laboratoriais. Para além de contribuírem para uma melhor compreensão dos assuntos lecionados, os trabalhos laboratoriais satisfazem o objetivo de aprendizagem 5, desenvolvendo nos estudantes as aptidões técnicas necessárias para usar ferramentas comerciais para simulação de circuitos elétricos e interpretar corretamente os seus resultados, bem como para utilizar adequadamente equipamentos de teste e medida para geração e análise de sinais elétricos (nomeadamente o osciloscópio e o gerador de funções). Os trabalhos laboratoriais experimentais, onde os estudantes constroem circuitos elementares e os analisam com equipamento de teste e medida, incidem sobre os tópicos programáticos 2, 3, 4 e 7. Por questões práticas, a atividade laboratorial associada aos tópicos 5 e 6 é realizada apenas com base em ferramentas comerciais para simulação de circuitos elétricos.

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

Teaching methodology is based on two types of classes, with different organizations and specific objectives. The learning process of the concepts and methods addressed in the curricular unit and associated to the learning objectives 1 to 4, is supported by the presentation of the topics in the theoretical classes, complemented with the resolution of examples of exercises and presentation of illustrative real-life cases. The laboratory classes consolidate the learning development and are divided between classes for problem solving and classes for performing experimental laboratory works. Besides contributing to promote a better understanding of the course subjects, the laboratory works also address the learning objective 5, developing in the students the technical skills required to use commercial simulation tools of electric circuits and interpret correctly their results, and to utilize properly test and measurement equipment for generating and analyzing electric signals (function generator and oscilloscope). The experimental laboratory works, where the students build basic circuits and analyze them with test and measurement

equipment, address the syllabus topics 2, 3, 4 and 7. For practical reasons, the experimental works related to the topics 5 and 6 are based on simulations performed with commercial simulation tools of electric circuits.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Nilsson, J. W. (2018). Electric circuits, 10th edition. Pearson Education. ISBN: 978-013-3760-03-3.

Faria, J. B. (2016). Análise de Circuitos, 3ª edição. IST Press. ISBN: 978-989-8481-50-4.

Mapa IV - Estruturas de Dados e Algoritmos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Estruturas de Dados e Algoritmos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Structures and Algorithms

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

INF

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-26h;PL-26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 12 turmas PL.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 12 turmas PL.

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

Luís Filipe Pinto de Almeida Teixeira: 26 h T (2 turmas), 104 PL (12 turmas)

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

Ana Paula Cunha da Rocha: 26 h T (2 turmas), 104 h PL (12 turmas)

Eurico Manuel Elias de Moraes Carrapatos: 52h PL (12 turmas)

Paulo José Cerqueira Gomes da Costa: 52h PL (12 turmas)

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

No final da unidade curricular os estudantes devem:

- 1) conhecer e saber aplicar metodologias de desenvolvimento de aplicações orientada a objetos em C++;*
- 2) ter conhecimentos fundamentais de algoritmia, em particular algoritmos de procura e ordenação;*
- 3) conhecer e saber aplicar estruturas de dados lineares, árvores binárias, grafos e tabelas de dispersão;*
- 4) conseguir desenvolver programas em C++, envolvendo a seleção e adaptação de estruturas de dados e algoritmos.*

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

By the end of this course unit the students should:

- 1) know and be able to apply methodologies of object-oriented application development in C++;*
- 2) have fundamental knowledge of algorithmic conception, in particular search and sorting algorithms;*
- 3) know and be able to apply implementation strategies for linear data structures, binary trees, graphs, and dispersion tables;*
- 4) be able to develop programs in C++, applying strategies for choosing appropriate data structures and algorithms.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Programação Orientada a Objetos*
 - * *Conceitos básicos de programação orientada a objetos*
 - * *Classes e herança simples*
 - * *Diferenças principais entre as linguagens de programação C e C++*
2. *Conceitos Fundamentais de Algoritmia*
 - * *Análise de complexidade de algoritmos*
 - * *Estratégias de conceção de algoritmos*
 - * *Algoritmos de ordenação e pesquisa*
 - * *Exemplos práticos de aplicação de diferentes estratégias*
3. *Estruturas de dados*
 - * *Estruturas lineares - listas, filas e pilhas*
 - * *Árvores*
 - * *Grafos*
 - * *Heaps*
 - * *Tabelas de dispersão*

4.4.5. Syllabus:

1. *Object oriented programming*
 - * *Basic concepts of object-oriented programming*
 - * *Classes and simple inheritance*
 - * *Main differences C and C++ programming languages*
2. *Fundamentals about algorithms*
 - * *Complexity of algorithms*
 - * *Strategies for the development of algorithms*
 - * *Search and sorting algorithms*
 - * *Practical examples of the applications of different strategies*
3. *Data structures*
 - * *Linear data structures - lists, queues and stacks*
 - * *Trees*
 - * *Graphs*
 - * *Heaps*
 - * *Hash tables*

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

Pretende-se que os estudantes desenvolvam nesta unidade curricular uma competência sólida em algoritmos e estruturas de dados. São apresentados e discutidos métodos para a análise algorítmica de programas de computador, bem como estratégias para a conceção de algoritmos. Diferentes estruturas de dados são estudadas, e são apresentados exemplos da sua aplicabilidade. Este estudo é suportado pelo desenvolvimento de programas na linguagem de programação C++, aplicando o paradigma da programação orientado a objetos.

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

The goal of this course is that the students develop a solid competence on algorithms and data structures. Methods for the algorithmic analysis of computer programs are presented and discussed, as well as strategies for the development of algorithms. Different data structures are studied, and examples of their applicability are presented. This study is supported by the development of programs using the C++ programming language, applying the object-oriented programming paradigm.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas serão usadas para a exposição da matéria, apresentação e discussão de exemplos de aplicação. As aulas práticas serão usadas para a resolução de problemas envolvendo os algoritmos e estruturas de dados tratados nas aulas teóricas. Os estudantes realizarão ainda um conjunto de trabalhos, sujeitos a avaliação, em aulas práticas específicas, que poderão ser concluídos fora do horário de aulas.

*Fórmula de avaliação: $CF = 0,4 * F + 0,6 * MT$*

** Classificação de frequência (mínimo 50%)*

$F = 0,25 T1 + 0,25 T2 + 0,375 T3 + 0,125 DI$

onde:

Tn – trabalhos práticos.

DI – desempenho individual, relativa à participação do estudante nas aulas teóricas e práticas.

** Nota dos minitestest (mínimo 40%)*

$MT = 1/3 MT1 + 2/3 MT2$

onde:

MTn - classificação nos minitestest

** Classificação Final (CF)*

$CF = 0,1 T1 + 0,1 T2 + 0,15 T3 + 0,05 P + 0,2 MT1 + 0,4 MT2$

Coerência entre classificação final e nota dos minitestes: a classificação final não poderá ser 5 (cinco) valores superior à nota dos min

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes are used to present the course contents and discuss small application examples.

The practical classes will be used to solve problems and develop, test and analyze programs that involve the algorithms and data structures studied in theoretical classes.

Students will develop a set of assignments, subject to evaluation, during specific practical classes, which can be concluded outside class.

*Formula Evaluation: $CF = 0,4 * F + 0,6 * MT$*

** Frequency classification (minimum 50%)*

$F = 0,25 T1 + 0,25 T2 + 0,375 T3 + 0,125 AC$

where:

Tn – practical assignments.

DI – continuous evaluation component, which refers to the participation in the classes.

** Classification of the mini-tests (minimum 40%)*

$MT = 1/3 MT1 + 2/3 MT2$

where:

MT1, MT2 - 1st and 2nd mini-test

** Final classification (CF)*

$CF = 0,1 T1 + 0,1 T2 + 0,15 T3 + 0,05 AC + 0,2 MT1 + 0,4 MT2$

Coherence between final classification and minitests grade: the final classification must not exceed five (5) values of the minit

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

A aprendizagem dos conceitos e métodos associados aos objetivos de aprendizagem 1, 2 e 3 assenta na exposição das matérias, realizada nas aulas teóricas, acompanhadas com a resolução de exercícios ilustrativos e exemplos práticos que ilustram a aplicação dos conceitos e das técnicas estudadas para programação orientada a objetos, algoritmos e estruturas de dados. As aulas laboratoriais em que os estudantes resolvem exercícios de aplicação das matérias apresentadas nas aulas teóricas, complementam o processo de aprendizagem da matéria relativa aos objetivos 1, 2 e 3.

Com o objetivo de aprendizagem 4 pretende-se que os estudantes adquiram aptidões que lhes permitam concretizar o desenvolvimento de programas simples em C++, realizar a compreensão, análise e solução algorítmica para os exercícios das aulas práticas e adotar estruturas de dados adequadas. A unidade curricular contempla a realização de pelo menos 3 trabalhos práticos laboratoriais de desenvolvimento de algoritmos e estruturas de dados e sua aplicação, que permitem proporcionar aos estudantes uma perspetiva prática dos conceitos apresentados.

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

The concepts and methods associated to the learning outcomes 1, 2 and 3 are presented in the theoretical classes together with the circuit analysis methods, with the help of illustrative exercises and real-life examples. The laboratory classes, where the students solve exercises addressing the application of the topics presented in the theoretical classes, also contribute to the learning outcomes 1, 2 and 3.

With the learning outcome 4, it is intended that students acquire skills that allow them to develop simple programs in C++, do the algorithmic analysis and achieve a solution for the exercises of practical classes, and adopt appropriate data structures. The curricular unit contemplates at least 3 practical laboratory projects of algorithms and data structures development and its application, which allow to provide students with a practical perspective of the presented concepts.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Deitel, P., & Deitel, H. M. (2017). C++ how to program (10th ed.). Pearson.

Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). Introduction to algorithms (3rd ed.). The MIT Press.

Mapa IV - Probabilidades e Estatística

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Probabilidades e Estatística

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Probability and Statistics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:*Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***T-26h; TP-26h***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 11 turmas TP.***4.4.1.7. Observations:***The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 11 TP classes.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Fernando Arménio da Costa Castro e Fontes: 26h T (2 turmas), 78h TP (11 turmas)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***José Nuno Teixeira de Almeida: 26h T (2 turmas), 52h TP (11 turmas)**Jaime dos Santos Cardoso: 52h TP (11 turmas)**Docentes a contratar: 104h TP (11 turmas)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Pretende-se que os estudantes adquiram uma base sólida de conhecimentos básicos de Probabilidades e Estatística que constituem uma ferramenta indispensável à tomada de decisão em situações de incerteza, presente em muitas áreas no domínio da Engenharia. Pretende-se também que os estudantes adquiram uma capacidade de comunicação rigorosa quando abordam temas que envolvam conceitos de Probabilidades e Estatística. Outro objetivo da disciplina, prende-se com o desenvolvimento de uma atitude crítica na análise de problemas de Engenharia e na capacidade de aplicação dos conceitos apreendidos na resolução de problemas práticos. A apreensão adequada dos conceitos fundamentais que se pretende garantir, deverá também possibilitar e facilitar aos estudantes uma aprendizagem futura de conceitos mais avançados que surjam no seu percurso de formação académica e/ou profissional.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***This course aims to endow students with underlying knowledge of Statistics and Probability, which is indispensable to take decisions in uncertainty situations that happen in various areas of Engineering. This course also aims to endow students with accurate communication skills when themes in the domain of Statistics and Probability are referred. Students will also develop a critical attitude in the analysis of engineering problems and they will be able to apply their knowledge in the resolution of practical problems. The adequate learning of the fundamental concepts of this course will make students able to easily learn advanced knowledge in their future career, both academic and professional.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1) Probabilidades Probabilidade condicionada e independência; Teorema de Bayes.**2) Variáveis Aleatórias Variáveis aleatórias unidimensionais e multidimensionais; Funções de variável aleatória; Distribuições mais importantes (discretas e contínuas).**3) Estatística Descritiva: medidas de centralidade e de dispersão, representação das principais características dos dados.**4) Amostragem: Amostras e distribuições amostrais.**5) Estimação pontual. Estimadores e estimativas; Propriedades desejáveis dos estimadores pontuais; Métodos de estimação (método dos momentos, método da máxima verosimilhança, método dos mínimos quadrados).**6) Estimação por intervalo: Conceito de intervalo de confiança; Especificação de intervalos de confiança; Dimensionamento de amostras.**7) Teste de hipóteses. Introdução; Procedimento de um teste de hipóteses; Valor de prova (p-value); Potência do teste; Relação entre intervalos de confiança e teste de hipóteses; Testes de dispersão e de localização.***4.4.5. Syllabus:***1) Probabilities. Conditional probability and independence; Bayes' theorem.**2) Random Variables; functions of random variables; most important distributions.**3) Descriptive statistics: measures of central tendency and measures of variability, representation of the main*

characteristics of data.

4) Sampling: Samples and sampling distributions.

5) Point estimate: Estimators and estimates; desirable properties of point estimates; estimation methods (method of moments, maximum likelihood estimation, method of least squares).

6) Interval estimate: Concept of confidence interval; specification of confidence intervals; sampling dimensioning.

7) Hypothesis testing: Introduction; hypothesis testing procedures; relationship between confidence intervals and hypothesis testing; dispersion and localization testing.

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

Para alcançar os resultados de aprendizagem descritos, os estudantes devem adquirir um corpo de conhecimento fundamental e a transmissão do próprio processo de construção do conhecimento deverá ser apropriada. . Pretende-se ainda fornecer uma sólida preparação matemática em probabilidades e estatística e preparar competências e engenho em técnicas de modelação matemática fundamentais para nos processos de aquisição, processamento e uso de Informação Tal será conseguido quando os estudantes são expostos a um conjunto equilibrado de conteúdos da teoria da probabilidade e de conteúdos de estatística, bem como quando a amplitude e a profundidade dos conteúdos programáticos lecionados forem adequados a uma unidade curricular colocada nos primeiros anos de um curso de engenharia.

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

In order to attain the learning outcomes described, students should acquire a body of fundamental knowledge and the transmission of the knowledge construction process itself must be appropriate. Another intention is to provide a solid mathematical preparation in probabilities and statistics and to prepare skills in fundamental mathematical modeling techniques for the processes of acquisition, processing and use of information. This will be achieved when students are exposed to a balanced set of content from probability theory and statistical content, as well as when the breadth and depth of the syllabus taught are adequate to a course placed in the first years of an engineering course.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Escolaridade: 2 horas Aulas teóricas e 2 horas Aulas teórico-práticas semanais (2T +2TP) durante 13 semanas.

Aulas teóricas - Exposição dos temas programáticos ilustrada por exemplos que permitem clarificar os conceitos e resultados apresentados.

Aulas teórico-práticas - Resolução de exercícios, propostos e resolvidos pelo docente, estimulando-se a participação activa dos estudantes com sugestões diversas de resolução desses mesmos exercícios e crítica dos resultados obtidos.

Utilização de ferramentas computacionais no tratamento de dados.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída sem exame final

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures: presentation of the themes of the course illustrated by examples, which explain the concepts and results provided;

Tutorial classes: exercises proposed and solved by the professor. Students will be encouraged to actively participate in class by suggesting solutions to the exercises and by criticizing results. Computational tools for data processing will be used.

Type of evaluation: "Avaliação distribuída sem exame final"

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

Para alcançar os resultados de aprendizagem descritos, os estudantes devem adquirir um corpo de conhecimento fundamental e a transmissão do próprio processo de construção do conhecimento deverá ser apropriada. Pretende-se ainda fornecer uma sólida preparação matemática em probabilidades e estatística e preparar competências e engenho em técnicas de modelação matemática fundamentais para nos processos de aquisição, processamento e uso de informação Tal será conseguido quando os estudantes são expostos a novos conceitos em contextos familiares e exemplos de engenharia nas aulas teóricas e, posteriormente, os conceitos são aplicados em aulas teórico-práticas, resolvendo exercícios selecionados, alguns usando ferramentas computacionais, de acordo com a metodologia de ensino referida.

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

To achieve the learning outcomes described, students should acquire a body of fundamental knowledge and the transmission of the knowledge-building process itself must be appropriate. It is also intended to provide a solid mathematical preparation in probabilities and statistics and to prepare skills in mathematical modeling techniques fundamental to the processes of acquisition, processing and use of information. This will be achieved when students are exposed to new concepts in familiar contexts and engineering examples in theoretical classes and, later, the concepts are applied in theoretical-practical classes, solving selected exercises, some using computational tools, according to the referred teaching methodology.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2010). Applied statistics and probability for engineers. John Wiley & Sons.

Guimarães, R. M. C. (2007). Estatística. McGraw-Hill,

Mapa IV - Análise Matemática 3**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Análise Matemática 3***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Mathematical Analysis 3***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***121,5***4.4.1.5. Horas de contacto:***T-19,5h; TP-19,5h***4.4.1.6. ECTS:***4,5***4.4.1.7. Observações:***As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 10 turmas TP.***4.4.1.7. Observations:***The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 10 TP classes.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Maria do Rosário Marques Fernandes Teixeira de Pinho: 19,5h T (2 turma), 58,5h TP (10 turmas)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Maria Margarida de Amorim Ferreira: 19,5T (2 turma); 58,5h TP (10 turmas)**Luís António Pereira de Meneses Corte-Real 39 TP (10 turmas)**José Nuno Teixeira de Almeida 39h TP (10 turmas)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***O objetivo desta unidade curricular é fornecer aos estudantes bases sólidas em equações e sistemas de equações diferenciais e em análise complexa de forma a promover a sua utilização em problemas de engenharia. Pretende-se que os estudantes obtenham competências para*

- 1) manipular os conceitos matemáticos apresentados;*
- 2) aplicar conceitos matemáticos novos na resolução de problemas práticos;*
- 3) apresentação de raciocínios e soluções de uma forma clara e precisa;*
- 4) preservação de raciocínio independente e analítico.*

*Os métodos e conceitos estudados nesta UC, sendo parte da formação básica em qualquer curso de engenharia, deverão ser completados com aplicações básicas em Engenharia Eletrotécnica de forma a facilitar a utilização destes conceitos no desenvolvimento futuro dos estudantes. Esta UC deverá também possibilitar uma aprendizagem futura de conceitos mais avançados que surjam no seu percurso de formação académica e/ou profissional.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The objective of this curricular unit is to provide students with a solid foundation in equations and systems of differential equations and in complex analysis in order to promote their use in engineering problems. Students are expected to:*

- 1) manipulate the mathematical concepts presented;*
- 2) apply new mathematical concepts in solving practical problems;*
- 3) present the reasoning and solutions in a clear and precise way;*
- 4) stimulate the independent and analytical reasoning.*

The methods and concepts studied in this CU, being part of the basic training in any engineering course, should be complemented with applications in Electrotechnical Engineering problems in order to facilitate the use of these concepts in the future developments. This CU should also enable the future learning of concepts that emerge in their academic and/or professional training course.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Equações diferenciais ordinárias (EDOs) de primeira ordem: existência, unicidade, dependência das soluções iniciais. Resolução da EDO por métodos analíticos, gráficos e métodos numéricos. Estudo de problemas modelizados por estas equações.*

2. *EDOs de segunda ordem*

2.1 *Linear vs não linear*

2.2 *Resolução de EDOs lineares de segunda ordem: coeficientes indeterminados e variação dos parâmetros; sinais sinusoidais e exponenciais, oscilações, ressonância, amortecimento; diagramas de fase. Estabilidade.*

2.3 *Aplicações à engenharia.*

3. *Transformada de Laplace e métodos de resolução usando séries.*

4. *Sistemas de Equações Diferenciais.*

Resolução, análise dos diagramas de fase, aplicações.

5. *Estudo de sistemas não lineares perto de pontos de equilíbrio. Aplicações à engenharia.*

6. *Introdução às equações com derivadas parciais.*

4.4.5. Syllabus:

1. *First order differential equations (EDOs): existence, unicity, dependency on initial solutions. Resolution by analytic methods, graphs and numerical methods. Analysis and study of problems modelled by these equations.*

2. *EDO of second order*

2.1 *Linear vs nonlinear*

2.2 *Resolution of linear second order EDOs: undetermined coefficients and parameters variation; sinusoidal signals, exponentials signals, oscillations, resonance, dumping; phase diagram. Stability.*

2.3 *Applications to Engineering.*

3. *Laplace transform and resolution methods by series.*

4. *Systems of differential equations (SDE).*

Solving a SDE, phase diagram analysis.

Applications.

5. *Nonlinear systems and its study near equilibrium points. Engineering applications.*

6. *Introduction to partial differential equations*

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

Os conteúdos estão organizados de forma encadeada e integrada, permitindo cobrir conceitos e técnicas fundamentais de equações e sistemas de equações diferenciais. Dá-se ênfase à compreensão da necessidade dos conceitos e resultados assim como a sua visualização geométrica, nomeadamente nos pontos 1, 2, 4 e 5 dos conteúdos programáticos. A sedimentação dos conceitos é feita, sempre que possível, com a sua aplicação a problemas concretos relacionados com a área de engenharia onde a unidade curricular se insere, obrigando à análise e à procura de métodos de resolução alternativos: aqui os conteúdos programáticos 1, 3, 2, 4 e 5 são fundamentais. No conjunto, pretende-se promover a aquisição de conhecimentos de equações e sistemas de equações diferenciais e o desenvolvimento do raciocínio independente, em todos os pontos da aprendizagem.

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

The contents are organized in a linked and integrated way to cover the fundamental concepts and techniques of differential equations and systems of differential equations. Emphasis is on understanding the concepts and results as well as their geometric visualization, namely in points 1,2,4 and 5 of the syllabus. The consolidation of knowledge is done, whenever possible, with its application to concrete problems related to the engineering area of the curricular unit, forcing the analysis and the search for alternative resolution methods; in this aspect points 1, 2, 3, 4 and 5 of the syllabus are crucial. As a whole, it is intended to promote the acquisition of knowledge of differential equations and systems of differential equations and the development of independent reasoning in all the points of learning.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas (T):

Exposição e discussão dos tópicos da UC contando com a participação ativa dos estudantes. No final de cada semana serão selecionados exercícios que os estudantes deverão tentar resolver por eles.

Aulas teórico-práticas (TP):

Discussão e resolução (quando necessário) dos exercícios propostos nas T como trabalho individual.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures (T):

Presentation and discussion of the topics of the CU stimulating the active participation of the students. At the end of

each week, exercises will be selected that students should try to solve by themselves.

Exercise Classes (TP):

Discussion and resolution (when necessary) of the exercises proposed in the lectures as individual work.

Type of evaluation: "Avaliação distribuída com exame final"

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

Os resultados de aprendizagem descritos são melhor alcançados quando os estudantes são expostos a novos conceitos em contextos familiares, com exemplos ilustrativos nas aulas teóricas e, posteriormente, com a sua aplicação na resolução de exercícios selecionados para trabalho individual. As aulas TP servem para esclarecimento de dúvidas, colmatar falhas na aprendizagem e sedimentar conhecimentos.

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

The desired learning outcomes are best achieved when students are exposed to new concepts in familiar contexts, with illustrative examples in theoretical classes and later, through their own effort trying to solve exercises selected for individual work. The TP classes serve to clarify doubts, correct learning failures and solidify knowledge.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Boyce, William E. & DiPrima, Richard C. (2000). Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems. ISBN: 0-471-31999-6

Kreyszig, Erwin. (2011). Advanced Engineering Mathematics, McGraw Hill. ISBN: 978-0-470-64613-7

A. McQuarrie, Donald. (2003). Mathematical Methods for Scientists and Engineers, Univ. Sci. Books, Sausalito, California. ISBN: 1-891389-29-7

Mapa IV - Arquitetura de Computadores

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Arquitetura de Computadores

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computer Architecture

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EL-SD

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-26h; PL-26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 11 turmas PL.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 11 PL classes.

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

Hélio Mendes Sousa Mendonça: 26h T (2 turmas) + 104 PL (11 turmas)

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

José Manuel Martins Ferreira: 26h T (2 turmas) + 78 PL (11 turmas)

Paulo José Cerqueira Gomes da Costa: 52h PL (11 turmas)

Luís Miguel Pinho de Almeida: 52h PL (11 turmas)

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

Conhecer e compreender a organização e funcionamento de um computador moderno, com especial ênfase na contribuição de cada subsistema para o desempenho global.

É dado particular destaque à unidade central de processamento (CPU), quer ao nível da sua arquitetura do conjunto de instruções (ISA), quer nas possíveis implementações em hardware (incluindo a organização com pipelines). Pretende-se igualmente apresentar a noção de estrutura hierárquica da memória e compreender o funcionamento dum dos seus elementos mais importantes: as memórias cache. Em todos os casos serão destacados os impactos ao nível do aumento do desempenho que a introdução destas estratégias permite obter.

É ainda objetivo dotar os estudantes de competências na configuração e programação de sistemas reais baseados em microprocessadores, que permitam validar experimentalmente alguns dos conceitos apresentados ao longo desta unidade curricular.

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

Know and understand the organization and operation of a modern computer, with special emphasis on the contribution of each subsystem to overall performance.

Particular importance is given to the central processing unit (CPU), both in terms of its instruction set architecture (ISA) and possible hardware implementations (including pipeline organization). It is also intended to present the notion of hierarchical structure of memory and to understand the functioning of one of its most important elements: cache memories. In all cases, the performance-enhancing impacts that the introduction of these strategies will achieve will be highlighted.

It is also intended to provide students with skills in the configuration and programming of real microprocessor-based systems, which allow to experimentally validate some of the concepts presented throughout this course.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A - Computadores: evolução histórica; elementos constituintes; características dos principais tipos de aplicação. Modelo de execução de um programa.

B - Noções de desempenho de CPUs: equação básica de desempenho; benchmarks; Lei de Amdahl; consumo de energia.

C - Arquitetura do conjunto de instruções (ISA) de um processador: tipos de instruções; modos de endereçamento; codificação de instruções. Conceitos básicos de programação em Assembly.

D - Organização de uma unidade de processamento. Organização unicyclo de um CPU. Conceito de pipelining e respetiva organização, controlo e estratégias para o tratamento de conflitos.

E - Estrutura hierárquica de memória. Tipos de memória (estática vs dinâmica). Memórias cache: princípio de funcionamento, organização interna, associatividade, tratamento de falhas de cache.

F - Uso de sistemas baseados em microprocessadores com programação em linguagem de baixo e alto nível.

4.4.5. Syllabus:

A - Computers: historical evolution; constituent elements; characteristics of the main application types. Model of execution of a program.

B - CPU performance notions: basic performance equation; benchmarks; Amdahl's Law; energy consumption.

C - Processor's instruction set architecture (ISA): instruction types; addressing modes; instruction coding. Assembly programming basics.

D - Organization of a processing unit. Unicycle organization of a CPU. Pipelining concept and its organization, control and strategies for conflict handling.

E - Hierarchical structure of memory. Memory types (static vs dynamic). Cache memories: working principle, internal organization, associativity, cache failure handling.

F - Use of microprocessor based systems with low and high level language programming.

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

A compreensão do funcionamento de um computador moderno, exige o conhecimento da sua constituição interna e da forma como ela evoluiu ao longo dos tempos (A). Sendo um dos objetivos perceber a contribuição de cada subsistema para o desempenho global, os conteúdos do ponto (B) fornecem técnicas para a sua medição. A arquitetura do conjunto de instruções é abordada no ponto (C), sendo realçada a sua importância na interação com o processador e na sua programação em assembly. A implementação em hardware dessa arquitetura é apresentada, primeiro numa organização unicyclo e depois, de forma mais elaborada recorrendo ao uso de pipelines (D). Finalmente, e em face do impacto que a organização da memória tem no desempenho de todo o sistema, a sua estrutura hierárquica e os seus constituintes principais (caches) são apresentadas no ponto (E). A demonstração experimental de alguns dos temas abordados é realizada em sistemas reais baseados em microprocessadores (F).

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

Understanding the functioning of a modern computer requires knowledge of its internal constitution and how it has evolved over time (A). Being one of the objectives to understand the contribution of each subsystem to the overall performance, the contents of point (B) provide techniques for its measurement. The instruction set architecture of a processor is covered in point (C), being emphasized its importance in interaction with the processor and its assembly programming. The hardware implementation of that architecture is presented, first using a unicycle organization and then, more elaborately using pipelines (D). Finally, and in view of the impact that memory organization has on the performance of the entire system, its hierarchical structure and its main constituents (cache memories) are presented in point (E). Experimental demonstration of some of the topics covered is performed on real microprocessor based systems (F).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas são expostos os conteúdos programáticos desta unidade curricular, acompanhados da resolução de exercícios ilustrativos das matérias abordadas. Nas aulas laboratoriais os conhecimentos adquiridos no âmbito desta unidade curricular são postos em prática recorrendo a experiências realizadas em torno de uma placa de desenvolvimento que contém um microprocessador representativo das arquiteturas estudadas nas aulas teóricas.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final

Fórmula de cálculo da classificação final: $70\% \times E + 30\% \times L$ (com E = Exame final e L = Trabalhos laboratoriais)

Os 4 trabalhos laboratoriais previstos serão realizados em grupos de dois estudantes sendo considerados para efeitos de avaliação os 3 trabalhos com melhor classificação.

A aprovação pressupõe a obtenção de uma classificação final mínima de 10 valores (em 20) sendo que a componente L não poderá exceder a componente E em mais do que 4 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In the theoretical classes are presented the syllabus of this course, accompanied by the resolution of illustrative exercises of the subjects covered. In laboratory classes the knowledge acquired within this course is put into practice using experiments carried out around a development board that contains a microprocessor representative of the architectures studied in the theoretical classes.

Evaluation type: Distributed evaluation with final exam.

Calculation formula of final grade: $70\% \times E + 30\% \times L$ (with E = final exam and L = laboratory assignments)

The 4 planned laboratory assignments will be carried out in groups of two students and the 3 highest rated assignments will be considered for evaluation.

Passing this course assumes a minimum final grade of 10 points (in 20) and component L may not exceed component E by more than 4 points.

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

Para se atingir os objetivos traçados para esta unidade curricular, os conteúdos programáticos começam por ser expostos aos estudantes nas aulas teóricas. Como se pretende que este primeiro contacto não seja meramente expositivo, serão nelas logo resolvidos um primeiro conjunto de exercícios sobre os temas em estudo e esclarecidas eventuais dúvidas.

A resolução de exercícios será depois continuada e complementada nas aulas práticas. Estas aulas, tendo um forte pendor laboratorial, incluem adicionalmente trabalhos envolvendo hardware real, i.e., um microprocessador com uma arquitetura semelhante às estudadas. Nestes trabalhos, apresentados na forma de guiões, pretende-se que os estudantes, organizados em grupos de dois elementos, consolidem os conhecimentos adquiridos e ao mesmo tempo explorem as potencialidades do trabalho em grupo.

Embora a avaliação tenha uma forte componente (70%) baseada na realização dum exame final, inclui também uma componente prática, que vale os restantes 30% e é distribuída por 4 trabalhos laboratoriais (onde o pior é descartado).

Desta forma possibilita-se que uma falta a uma dessas aulas ou um desempenho pontual menos conseguido, não comprometam em demasia essa componente de avaliação, uma vez que ao contrário do exame final não há possibilidade de recurso.

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

In order to achieve the objectives for this course, the subjects listed in the syllabus will be exposed to students in theoretical classes. As this first contact is not intended to be merely expository, a first set of exercises on the topics under study will be solved and any doubts will be answered.

The resolution of exercises will then be continued and complemented in practical classes. These classes, having a strong laboratory content, include additionally assignments involving real hardware, i.e. a microprocessor with an architecture similar to those studied. In these assignments, it is intended that students, organized in groups of two elements, consolidate the acquired knowledge and at the same time explore the potentialities of group work.

Although the evaluation has a strong component (70%) based on the completion of a final exam, it also includes a practical component, worth the remaining 30% and spread over 4 laboratory assignments (where the worst is discarded). Thus, it is possible that a failure to one of these classes or a less successful punctual performance, do not compromise this evaluation component too much, since unlike the final exam there is no possibility of appeal.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Patterson, D., & Hennessy, J. (2016). Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface (5th ed). Elsevier.

2. Harris, D. M., & Harris, S. L. (2012). Digital Design and Computer Architecture (2nd ed.). Morgan Kaufmann.

3. Null, L., & Lobur, J. (2019). The Essentials of Computer Organization and Architecture (5th ed.). Jones & Bartlett Learning.

Mapa IV - Eletromagnetismo**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Eletromagnetismo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electromagnetism**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***FIS***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***T-39h; TP-19,5h***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 12 turmas TP.***4.4.1.7. Observations:***The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 12 TP classes.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Francisco José Baptista Salzedas T: 39 horas (2 turmas); TP: 58,5 horas (12 turmas)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Carlos Daniel Diogo Matias Pintassilgo T: 39 horas (2 turmas); TP: 58,5 horas (12 turmas)**Paulo Manuel de Araújo Sá TP: 58,5 horas (12 turmas)**António José dos Santos Silva TP: 39 horas (12 turmas)**Maria José Fernandes Vaz Lourenço Marques : 19,5h TP (12 turma)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***São objetivos desta unidade curricular que os estudantes:**- adquiram conhecimentos fundamentais de eletromagnetismo, ciência base e estruturante da engenharia eletrotécnica;**Em concreto, que adquiram as seguintes competências:**1-Conhecer os fundamentos de fenómenos electromagnéticos, incluindo como cargas produzem campos elétricos, e como correntes são responsáveis por campos de indução magnética;**2-Identificar grandezas fundamentais em Engenharia Electrotécnica, designadamente Capacidade e Indutância com o fenómeno físico correspondente;**3-Compreender propriedades e conceitos fundamentais da Electrodinâmica, nomeadamente a lei de Faraday, corrente de deslocamento, assim como a interdependência entre campo eléctrico e campo magnético.**4-Conhecimento sobre as propriedades magnéticas dos materiais magnéticos e análise quantitativa de circuitos magnéticos eletroexcitados***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***At the end of this curricular unit course, student should be able to:**- correctly use the laws governing electromagnetic phenomena;**- describe electromagnetism as a unifying theory of various electromagnetic phenomena observed in nature and used in technologies;**- use appropriate technical vocabulary;**- describe practical applications of Electromagnetism;**- have a critical attitude of the obtained final results.**Specifically, students should:**1-Have insight of basic electromagnetic phenomena, including how charge create electric fields, and how currents are at the origin of magnetic fields;**2-Identify key quantities in Electrical Engineering, such as Capacity and Inductance with the corresponding physical meaning;**3-Understand fundamental properties of electrodynamics, namely the physical nature Faraday's law, the displacement current, and the interdependence between electric and magnetic fields;**4-Be familiar with magnetic properties of materials, and be able to undertake a quantitati*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1) *Lei de Coulomb: distribuições discretas e contínuas de carga eléctrica. (capítulos 1-6: 15 aulas T de 1.5h)*
- 2) *Campo Elétrico; Lei de Gauss.*
- 3) *Potencial Eletrostático. As equações de Poisson e de Laplace. Energia eletrostática.*
- 4) *Eletrostática de Materiais Condutores: condutores em equilíbrio eletrostático.*
- 5) *Capacidade Elétrica e Condensadores.*
- 6) *Eletrostática de Materiais Dielétricos.*
- 7) *Corrente Elétrica: vetor densidade de corrente. Lei de Ohm. Equação de continuidade. (capítulos 7-11: 11 aulas T de 1.5h)*
- 8) *Campo Magnético: o campo magnético B; lei de Biot-Savart; lei de Ampère. Equação de Lorentz. Coeficientes de auto-indução e indução mútua.*
- 9) *Materiais Magnéticos: o campo magnético H; tipos de magnetismo. Circuitos Magnéticos.*
- 10) *Indução Eletromagnética: lei da indução de Faraday; lei de Lenz. Energia magnética.*
- 11) *Corrente de deslocamento; as equações de Maxwell no vácuo e na matéria.*

4.4.5. Syllabus:

- 1) *Coulomb's Law : discrete and continuous distributions of electric charge.*
- 2) *Electric Field. Gauss's Law.*
- 3) *Electrostatic Potential: The equations of Laplace and Poisson. Electrostatic energy.*
- 4) *Electrostatic of Conducting Materials : conductors in electrostatic equilibrium.*
- 5) *Capacity and Electric Capacitors.*
- 6) *Electrostatic of Dielectric Materials*
- 7) *Electric Current: current density vector. Ohm's law. Continuity equation.*
- 8) *Magnetic field : magnetic force between stationary electric currents , magnetic field B , Biot - Savart law , Ampere's law. Lorentz equation. Self-induction and mutual induction coefficients.*
- 9) *Magnetic Materials: the magnetic dipole; types of magnetism. Magnetic circuits.*
- 10) *Electromagnetic Induction : Faraday's law of induction , Lenz's law. Magnetic energy.*
- 11) *The displacement current , the induced magnetic field; Maxwell's equations in vacuum and in the presence of matter.*

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

Os conteúdos programáticos estão organizados de forma a fornecer aos estudantes os conhecimentos teóricos e práticos que lhes permitam atingir os objetivos de aprendizagem enunciados. O principal objetivo de aprendizagem 1 é satisfeito pelos tópicos 1 a 7 do programa, no que diz respeito a campo elétrico e nos tópicos 8 a 10 no que envolve campo magnético. Para o objetivo 2 contribuem os tópicos 5 e 8 do programa, onde se apresentam exemplos sobre o cálculo da capacidade e indutância em diferentes configurações. Por seu turno, o objetivo de aprendizagem 3, relacionado com a interdependência entre campo elétrico e magnético é satisfeito nos tópicos 10 e 11 do programa. Por fim, o objetivo 4 envolvendo circuitos magnéticos é satisfeito no tópico 9 do programa.

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

The course syllabus is organized to give the students the theoretical, technical and practical background required for achieving the learning outcomes. The first main learning outcome 1 is covered by topic 1-7 of the course syllabus, related to electric field properties, as well as by topics 8-10 of the course syllabus, concerning magnetic field properties of the course syllabus. Topics 5 and 8 (involving fundamental concepts of capacity and inductance) contribute to the second learning outcome and provides the necessary link with Electrical Engineering. The third learning outcome –interplay between magnetic and electric field is addressed in topics 10 and 11 of the course syllabus, emphasizing the role of time-dependent fields. The last outcome – magnetic circuits – is covered on topic 9, by introducing some concepts applied in Electrical Engineering using ferromagnetic materials.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas é apresentada a matéria a lecionar, discutem-se e resolvem-se problemas ilustrativos dessa mesma matéria. Uma importante parte das aulas práticas consiste na resolução de problemas pelos estudantes. Sempre que for possível, estas aulas incluirão a realização de alguns trabalhos experimentais.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída sem exame final

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical lectures are dedicated to the presentation of the main subjects, including a significant number of practical examples. Experimental demonstrations are conducted whenever possible. Practical lectures include exercise solving under the supervision of the teacher and eventually two or three lab works. Distributed evaluation without final exam

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

No seu processo formativo o estudante participará em aulas expositivas, realizará trabalhos práticos, individuais e em grupos convenientemente acompanhados pelo docente.

O processo de ensino-aprendizagem estará centrado no trabalho (autónomo e tutorado) do estudante e será efetuada uma monitorização constante da evolução e da aquisição de conhecimentos e competências pelo mesmo. Deverá resultar daqui uma aprendizagem mais proativa e dinâmica, com recurso a metodologias mais diversificadas, que globalmente apoiem o estudante na assunção da sua responsabilidade pessoal no processo de aprendizagem, tornando-o gradualmente mais autónomo e independente.

Concretamente, na unidade curricular de Eletromagnetismo será adotada uma metodologia de ensino que privilegia a

aquisição das competências, especializadas e específicas, que capacitem para o exercício profissional competente, para a intervenção social e para a investigação.

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

In his/her formative process, the student will participate in lectures; the student will conduct practical work, individually and in group, conveniently accompanied by the teacher.

The process of teaching/learning will be focused at the student work (autonomous and tutored) and with a continuously monitoring of the evolution and acquisition of knowledge and skills by the student. Hence it should result in a more proactive and dynamic learning, using more diversified methodologies, which generally support the student in taking personal responsibility in the learning process, making it progressively more autonomous and independent. Specifically, in the curricular unit of Electromagnetism, a method of teaching will be adopted that emphasizes the acquisition of skills, specialized and specific, that enable students an adequate insertion in the labour market, for social intervention and research.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Inan, U.S., Inan A.S. (1999). Engineering electromagnetics. Addison-Wesley.

Griffiths D.J. (1999). Introduction to electrodynamics. Prentice Hall.

Loureiro, J. (2019). Eletromagnetismo e ótica. IST PRESS.

Mapa IV - Métodos Numéricos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Métodos Numéricos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Numerical Methods

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

121,5

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-19,5h; TP-19,5h

4.4.1.6. ECTS:

4,5

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 10 turmas TP.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 10 TP classes.

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

António Pedro Rodrigues Aguiar: 19,5h T 2 turmas, 39h TP 10 turmas

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

Nuno Alexandre Lopes Moreira da Cruz: 19,5h T 2 turmas, 78h TP10 turmas

João Tasso de Figueiredo Borges de Sousa: 58,5h TP10 turmas

José Nuno Moura Marques Fidalgo: 19,5h TP10 turmas

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

Oferecer um leque abrangente de conhecimentos de base na área de métodos numéricos. Dotar os estudantes com a capacidade de aplicar criteriosamente técnicas numéricas para a resolução de problemas de engenharia, o que requer a compreensão dos fundamentos dos métodos e o saber aplicar os métodos, recorrendo a calculadoras e aplicações

computacionais.

No fim desta UC o estudante terá adquirido uma base sólida de conhecimentos técnicos na área de métodos numéricos. Terá desenvolvido a capacidade de, dada uma situação, saber escolher o(s) método(s) a aplicar e como adaptar ao problema em questão as várias ferramentas estudadas durante o semestre, incluindo a determinação de estimativas dos erros associados e condições de paragem de métodos iterativos para obter a precisão imposta

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

1000 characters

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Erro absoluto e erro relativo; Propagação de erros no cálculo de funções; Erro de truncatura em séries.
2. Métodos iterativos para resolução de equações não lineares.
3. Métodos iterativos para resolução de sistemas de equações não lineares.
4. Métodos diretos e iterativos para sistemas de equações lineares.
5. Aproximação de funções: método dos mínimos quadrados.
6. Interpolação polinomial.
8. Integração numérica.
9. Integração numérica de equações diferenciais e sistemas de equações diferenciais.

4.4.5. Syllabus:

1. Absolute error and relative error. Error propagation. Truncation error in infinite series.
2. Iterative methods for nonlinear equations.
3. Iterative methods for systems of nonlinear equations.
4. Direct and iterative methods for systems of linear equations.
5. Function approximation: least squares.
6. Polynomial interpolation.
8. Numerical integration.
9. Numerical integration of differential equations and systems of differential equations

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

Os conteúdos programáticos abrangem conceitos teóricos e métodos numéricos permitindo aos estudantes obter os conhecimentos, as competências e as aptidões indicados nos objetivos de aprendizagem. Os estudantes serão expostos a um conjunto equilibrado de conceitos e métodos. O programa adotado permite construir de forma progressiva o corpo de conhecimento necessário a estes objetivos.

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

The syllabus covers theoretical concepts and numerical methods enabling students to obtain the knowledge, competences and skills indicated in the learning objectives. Students will be exposed to a balanced set of concepts and methods. The program adopted progressively builds up the body of knowledge necessary to reach these objectives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas: Exposição dos temas programáticos ilustrada por exemplos que permitem clarificar os conceitos e resultados apresentados.

Aulas teórico-práticas: Resolução de exercícios, propostos e resolvidos pelo docente, estimulando-se a participação ativa dos estudantes com sugestões diversas de resolução desses mesmos exercícios e crítica dos resultados obtidos. Demonstrações e realização de pequenos projetos com recurso a ferramentas computacionais (tais como o software Matlab/Simulink).

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical lessons: Explanation of the programmatic themes illustrated by examples that allow to clarify the concepts and results presented.

Theoretical-practical classes: Resolution of exercises, proposed and solved by the teacher, stimulating the active participation of students with various suggestions for resolution of these exercises and criticism of the results obtained. Demonstrations and implementation of small projects using computational tools (such as the software Matlab / Simulink).

Type of Evaluation: Distributed evaluation with final exam.

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

A exposição de conteúdos teóricos e a discussão de exemplos ilustrativos realizadas nas aulas teóricas associadas à realização de trabalho autónomo na resolução de exercícios e na utilização de ferramentas computacionais permite aos estudantes uma aprendizagem balanceada dos diferentes tópicos cobertos nesta unidade curricular.

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

The exposition of theoretical contents and the discussion of illustrative examples carried out in theoretical classes associated with the achievement of autonomous work in the resolution of exercises and the use of computational tools allows students a balanced learning of the different topics covered in this course unit.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Young, T., & Mohlenkamp, M. J. (2014). *Introduction to numerical methods and Matlab programming for engineers*. Department of Mathematics, Ohio University.
Burden, R. L., & Faires, J. D. (2005). *Numerical analysis (8th ed)*. Brooks/Cole,
Conte, S. D., & de Boor, C. (1980). *Elementary Numerical Analysis (3rd ed.)*. McGraw-Hill.
Cheney, E. W., Kincaid, D. R. (2013). *Numerical Mathematics and Computing (7th ed)*. Brooks/Cole.

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

Sinais e Sistemas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Signals and Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CFEL

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-26h; TP-26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 11 turmas TP.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 11 TP classes.

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

Luís António Pereira de Meneses Côrte-Real: T-26h 2 turmas; TP-104h 11 turmas)

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

*Aníbal Castilho Coimbra de Matos (T-26h 2 turmas; TP-52h 11 turmas)
Paulo Jorge de Azevedo Lopes dos Santos (TP-26h 11 turmas)
Nuno Alexandre Lopes Moreira da Cruz (TP-52h 11 turmas)
Carlos João Rodrigues Costa Ramos (TP-52h 11 turmas)*

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

- 1. Descrever e explicar os conceitos, características, propriedades e operações essenciais dos sinais e dos sistemas;*
- 2. Identificar e distinguir sinais e sistemas contínuos/discretos;*
- 3. Definir, explicar, operar e resolver sistemas lineares e invariantes (SLIT), contínuos e discretos, no domínio dos tempos e no domínio das frequências (Fourier);*
- 4. Interpretar e calcular transformadas de Laplace e relacioná-las com SLIT;*
- 5. Decompor sinais e sistemas e ilustrá-lo graficamente;*
- 6. Analisar SLIT, representados no tempo e na frequência.*

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

- 1. To describe and explain essential concepts, characteristics, properties and operations of signals and systems;*
- 2. To identify and distinguish continuous/discrete signals and systems;*
- 3. To define, explain, operate and solve invariant linear systems, continuous and discrete, in the domains of time and frequencies (Fourier);*

4. To interpret and calculate Laplace and relate them with invariant linear systems;
5. To decompose signals and systems and illustrate them;
6. To analyse invariant linear systems and represent them in time and frequency.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Sinais e sistemas.
 - 1.1. Sinais básicos
 - 1.2. Sistemas e suas propriedades (memória, invertibilidade, causalidade, estabilidade, invariância, linearidade)
2. Sistemas lineares e invariantes-“SLIT’s”
 - 2.1. Representação de sinais por impulsos
 - 2.2. SLIT’s: soma e integral de convolução
3. Análise de Fourier de sinais e sistemas contínuos
 - 3.1. Resposta de SLIT’s a exponenciais complexas
 - 3.2. Análise de Fourier de sinais periódicos e aperiódicos
 - 3.3. Transformada de Laplace bilateral e unilateral.
 - 3.4. Resposta em frequência de SLIT’s (traçados de Bode).

4.4.5. Syllabus:

1. Signals and systems
 - 1.1 Basic signals
 - 1.2 Systems and their properties (memory, invertibility, causality, stability, invariance, linearity)
2. Linear time-invariant systems-“LTI’s”
 - 2.1 Representation of signals by impulses
 - 2.2 LTI’s: Convolution integral and sum
3. Fourier analysis of continuous signals and systems
 - 3.1 Response of LTI’s to complex exponentials
 - 3.2 Fourier analysis of periodic and aperiodic signals
 - 3.3 Bilateral and unilateral Laplace transform
 - 3.4 Frequency response of LTI’s (Bode Plots)

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

Os objetivos de aprendizagem e os conteúdos programáticos da unidade curricular são comuns a u.c’s similares lecionadas em universidades de todo o mundo, atentas as formas distintas da sua inserção (ano curricular, número de semestres alocados) nos currícula globais. Esta uniformidade e correspondente validação internacional está intimamente relacionada com a natureza estrutural e fundamental dos conteúdos tratados para a construção de graduações em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Os objetivos de aprendizagem elencados constituem pilares fundamentais para o desenvolvimento e aprofundamento, em unidades curriculares subsequentes, de conhecimentos mais marcadamente aplicados, quer em áreas de comunicações e processamento de sinal, quer em áreas de controlo e automação.

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

The learning outcomes and the syllabus of Introduction to Linear Signals and Systems (TSIN) are common to similar courses in universities all over the world, with natural adaptations due to possibly different insertion in the global curricula (e.g., course semester). This uniformity and its inherent international validation is closely related to the fundamental and structuring nature of the scientific and engineering subjects addressed, which are in the foundations of Electrical and Computer Engineering degrees. The listed learning aims are fundamental pillars for developing and mastering, in subsequent courses, knowledge and practical skills in domains of a more applied nature, be it in the communications and signal processing areas or in control and automation.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas Teóricas

Exposição das matérias e resolução de problemas representativos.

Aulas Teórico-Práticas

Resolução de problemas ilustrativos das matérias. Proposta e discussão de trabalhos de casa, resolução de problemas na aula.

Fora das Aulas:

Estudo das matérias da u.c., resolução de problemas propostos (de modo convencional e também fazendo uso do MatLab ou outro software disponível na FEUP).

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final.

Condições de Frequência: Se for excedido o limite de faltas nas aulas teórico-práticas, o estudante não tem frequência, ficando sem acesso a exame, seja na época normal ou na de recurso (estudantes em regime normal)

Fórmula de avaliação: Consideram-se duas componentes da avaliação

- Avaliação distribuída, consistindo na realização de um Mini-teste com duração não superior a 1h30m.
- Exame escrito (prova final, não excedendo 2h30 m)

As provas de avaliação poderão ser, no todo ou em parte, do tipo

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures

Formal subject exposition and resolution of representative problems.

Classes combining theory and practice Assisted solution of problem sets.

Individual study

Study of the course material, solution of sets of practice-problem types, either by calculator or computer usage (Matlab).

Grading: Continuous assessment with final exam.

Prerequisites for final exam admission: The student must attend at least two thirds of the scheduled theoretical-practical sessions.

Grading policy: Consists of two components:

The first is Continuous Assessment comprising the realization of a quiz designed as a one and half hour exam. The second is a Final Exam designed for a two and half hour duration.

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

As metodologias de ensino definidas para uma matéria estruturante como é a teoria de sistemas lineares são de natureza clássica e apoiam-se numa bibliografia muito vasta e consolidada. O livro recomendado é também usado em muitas das melhores universidades internacionais.

As aulas de índole teórica, para além do desenvolvimento dos conceitos essenciais, incorpora a ilustração prática do seu uso, bem como, sempre que possível, a visualização de simulações realizadas por inúmeras aplicações informáticas livremente acessíveis na Internet.

Para apoio às aulas de tipo tutorial são disponibilizadas aos estudantes vastas listas de exercícios práticos, para além dos disponíveis na bibliografia, que os estudantes são incentivados a resolver autonomamente e que, nessas aulas são analisados de forma aprofundada e apelando o mais possível à interação dos estudantes. Os estudantes são também estimulados a usar Matlab como apoio à aprendizagem na unidade curricular.

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

The teaching methodologies adopted for a course structuring subject such as Linear Signals and Systems is of classical nature and it is supported by a vast and consolidated bibliography. The recommended book is acknowledged and adopted in many of the best universities worldwide.

The theoretical lectures address and discuss the essential concepts of the syllabus, but they also illustrate those concepts by solving practical problems and, when appropriate, by showing demonstrations of simulators widely available in the Internet.

To support the tutorial classes students have access to a vast list of practical exercises, beyond the ones available in the bibliography, and they are encouraged to solve them autonomously, and then to have a deeper analysis and discussion in those classes. Further, students are given access to Matlab as a support learning tool for this curricular unit.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Oppenheim, A. V., & Willsky, A. S. (1996) Signals & systems (2nd ed.). Pearson.

Roberts, M. J. (2008). Fundamentals of Signals and Systems. McGraw-Hill.

Mapa IV - Termodinâmica e Estrutura da Matéria

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Termodinâmica e Estrutura da Matéria

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Thermodynamics and Structure of Matter

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FIS

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

121,5

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-19,5; PL-19,5h

4.4.1.6. ECTS:

4,5

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 10 turmas PL.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 10 PL classes.

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

Abel Jorge Antunes da Costa: T: 39h (2 turmas), PL: 58.5h (10 turmas)

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

Artur Manuel de Oliveira Andrade Moura: PL: 39h (10 turmas)

Henrique Manuel de Castro Faria Salgado: PL-39h (10 turmas)

Vítor Manuel Grade Tavares: PL-19,5h (10 turma)

José Alfredo Ribeiro da Silva Matos: PL- 39h (10 turmas)

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

Os estudantes deverão ser capazes de:

- Explicar conceitos e fenómenos físicos básicos de termodinâmica e estrutura da matéria, usando vocabulário apropriado.*
- Usar as leis fundamentais da termodinâmica e os conceitos de calor e temperatura para explicar fenómenos observados no dia-a-dia.*
- Explicar a natureza e estrutura de um átomo e sua estrutura eletrónica, bem como os vários tipos de ligações atómica e molecular.*
- Descrever o modelo de bandas de energia e definir propriedades elétricas de metais, isoladores e semicondutores.*
- Caracterizar diversos dispositivos semicondutores e sua potencial utilização prática.*
- Explicar o diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo.*
- Explicar a magnetização e desmagnetização de um material ferromagnético; esboçar e interpretar a sua curva de histerese.*
- Colaborar e planear trabalho em grupo no laboratório, bem como na resolução de problemas quer em grupo quer individualmente.*

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

Students should be able to:

- Explain basic physical concepts and phenomena of thermodynamics and structure of matter, using appropriate vocabulary.*
- Use the fundamental laws of thermodynamics and the concepts of heat and temperature to explain everyday phenomena.*
- Explain the nature and structure of an atom and its electronic structure, as well as the various types of atomic and molecular bonding.*
- Describe the band theory model and define electrical properties of metals, insulators and semiconductors.*
- Characterize various semiconductor devices and their potential practical use.*
- Explain diamagnetism, paramagnetism and ferromagnetism.*
- Explain the magnetization and demagnetization of a ferromagnetic material; sketch and interpret its hysteresis curve.*
- Collaborate and plan group work in the laboratory, as well as in problem solving either in group or individually.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:**I – TERMODINÂMICA**

1 - Temperatura e teoria cinética dos gases

2 - Calor e 1ª lei da Termodinâmica

3 - Segunda lei da Termodinâmica e Entropia

II – ESTRUTURA DA MATÉRIA

1 - Estrutura dos átomos

2 – Tipos de ligação atómica e molecular

3 – Propriedades elétricas dos materiais

3.1 Condução elétrica em metais

3.2 Modelo de bandas de energia de condução elétrica

3.3 Semicondutores intrínsecos

3.4 Semicondutores extrínsecos

3.5 Dispositivos semicondutores

4 – Propriedades magnéticas dos materiais

4.1 Grandezas magnéticas

4.2 Tipos de magnetismo

4.3 Efeito da temperatura no magnetismo

4.4 Domínios ferromagnéticos

4.5 Magnetização e desmagnetização de um material ferromagnético

4.4.5. Syllabus:**I - THERMODYNAMICS**

- 1 - Temperature and kinetic theory of gases
- 2 - Heat and the first law of Thermodynamics
- 3 - Second law of Thermodynamics and Entropy

II - STRUCTURE OF MATTER

- 1 - Structure of atoms
- 2 - Types of atomic and molecular bonding
- 3 - Electrical properties of materials
 - 3.1 Electrical conduction in metals
 - 3.2 Band theory of electric conduction
 - 3.3 Intrinsic Semiconductors
 - 3.4 Extrinsic Semiconductors
 - 3.5 Semiconductor Devices
- 4 - Magnetic properties of materials
 - 4.1 Magnetic quantities
 - 4.2 Types of Magnetism
 - 4.3 Effect of temperature on magnetism
 - 4.4 Ferromagnetic Domains
 - 4.5 Magnetization and demagnetization of a ferromagnetic material

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

Esta UC apresenta os conceitos e princípios básicos de termodinâmica e as bases da estrutura da matéria. Após a conclusão desta UC os estudantes deverão ter a capacidade de compreender e manipular esses conceitos, sendo também capazes de os aplicar à resolução de problemas. Pretende-se, por outro lado, que os estudantes percebam qual a relevância e importância destes conceitos em dispositivos e aplicações com interesse prático, em particular em dispositivos semicondutores e com materiais ferromagnéticos.

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

This CU presents the basic concepts and principles of thermodynamics and the basic foundations of the structure of matter. Upon completion of this course students should have the capacity to understand and manipulate these concepts and be able to apply them to problem solving. On the other hand, it is intended that students understand their relevance and importance in devices and applications with practical interest, in particular in semiconductor devices and devices with ferromagnetic materials.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas T: explora-se a matéria programática, com apresentação dos conteúdos teóricos, recorrendo a transparentes que ilustram temas programáticos mais importantes, concretizando alguns tópicos com exemplos ilustrativos.

Aulas práticas TP/PL: serão dedicadas à resolução de problemas pelos estudantes, individualmente e/ou em grupo. Sempre que for adequado, estas aulas incluirão a realização de trabalhos e demonstrações experimentais.

Tipo de avaliação: Distribuída sem exame final

A nota final (NF) terá 2 componentes: componente escrita – composta por testes; componente laboratorial – composta por trabalhos laboratoriais, que incluem breves relatórios escritos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical lectures T: The syllabus is explored, with the presentation of important concepts and principles by means of transparencies that illustrate the most important programmatic topics, complemented by illustrative examples.

TP/PL classes: during the exercise classes students are encouraged to solve a number of proposed problems either in group or individually. As necessary, classes will be held at the appropriate laboratory, where several experiments or demonstrations will be conducted.

Type of evaluation: Distributed without final exam

NF (final mark) has 2 components: - Written component: closed book tests; Lab component: several laboratory experiments, which include written reports.

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

O processo de ensino-aprendizagem estará centrado no trabalho do estudante e no acompanhamento pelo docente da sua evolução na aquisição de conhecimentos e competências. No caso desta unidade curricular será adotada uma metodologia de ensino que privilegia a aquisição das competências que capacitem o estudante para a aplicação de conceitos, princípios e técnicas na área da termodinâmica e propriedades elétricas e magnéticas dos materiais.

A exposição nas aulas T é acompanhada pela ilustração dos conceitos e princípios com exemplos motivadores, sempre que possível com casos de aplicação real, facilitando a transmissão do conhecimento e a aprendizagem e receptividade do estudante.

Nas aulas PL, realizadas em ambiente laboratorial, é solicitado ao estudante a realização de trabalhos experimentais, com o objetivo de consolidar os conceitos anteriormente lecionados. Estes trabalhos encorajam a realização de trabalho em equipa, enquanto a exigência de um relatório escrito estimula as aptidões de esquematização da informação e da sua comunicação escrita.

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

The teaching-learning process will be focused on the work carried out by the students. This work will be monitored in order to ensure the students' evolution in the acquisition of knowledge and relevant skills. In the case of this course, a teaching methodology will be adopted that favors the acquisition of skills that will enable the student to apply concepts, principles and techniques in the area of thermodynamics and electrical and magnetic properties of materials.

In T lectures, the presentation of concepts and principles is complemented by the illustration of motivating examples, whenever possible with real case applications, easing the transmission of knowledge and the learning process.

In PL classes, conducted in a laboratory environment, the student is asked to conduct several experiments, favoring the consolidation of previously learned concepts. The work proposed encourages teamwork, while the requirement for a written report stimulates the skills for information layout and its written communication.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Tipler, P. A. & Mosca, G. (2004). Physics for scientists and engineers. W. H. Freeman Company.

Raymond A. Serway, R. A. (1992). Physics for Scientists and Engineers with modern physics. Saunders Golden Sunburst Series.

Smith, W. F. & Hashemi, J. (2012). Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais. AMGH Editora Lda.

Mapa IV - Ondas Eletromagnéticas**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Ondas Eletromagnéticas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electromagnetic Waves

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TEL

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-26h; TP-26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 10 turmas TP.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 10 TP classes.

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

Maria Inês Barbosa de Carvalho 52hT (2 turmas) 78hTP (10 turmas)

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

Aníbal Castilho Coimbra de Matos: 52h TP (10 turmas)

Artur Manuel de Oliveira Andrade Moura: TP 52h (10 turmas)

Docente a contratar: 78h TP (10 turmas)

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

Fornecer os conceitos fundamentais associados à propagação (no espaço livre e guiada) e à radiação de ondas eletromagnéticas. No final desta unidade curricular espera-se que o estudante seja capaz de

- Compreender as características ondulatórias da tensão e corrente em linhas de transmissão

- Analisar linhas de transmissão como elementos de circuitos

- Compreender os fenómenos transitórios em linhas de transmissão

- *Projetar adaptadores de impedância*
- *Compreender o mecanismo físico dos guias de onda*
- *Compreender o comportamento de diferentes guias de onda*
- *Determinar os modos de propagação e as suas características principais*
- *Calcular a frequência de oscilação de cavidades*
- *Compreender o princípio de operação de fibras óticas*
- *Compreender o fenómeno da radiação*
- *Compreender os parâmetros fundamentais de antenas*

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

To give the fundamental concepts associated with the free and guided propagation and with the radiation of electromagnetic waves. At the end of this curricular unit the student is expected to be able to:

- *Understand the wave characteristics of the voltage and current in transmission lines*
- *Analyze transmission lines as circuit elements*
- *Understand the transient phenomena in transmission lines*
- *Design of impedance matching networks*
- *Understand the guiding mechanism of waveguides*
- *Understand the behavior of different waveguides*
- *Determine the propagation modes and their characteristics*
- *Compute the oscillation frequency of cavities*
- *Understand the working principle of optical fibers*
- *Understand the basic radiation phenomena*
- *Understand the fundamental parameters of antennas*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Linhas de Transmissão: Parâmetros distribuídos e modelo elétrico de uma linha; Equação dos telegrafistas e propagação de ondas em linhas; Linhas inseridas em circuitos; O diagrama de Smith; Adaptação de impedâncias; Transitórios.*
2. *Ondas eletromagnéticas planas: Equações de Maxwell; Equação de onda e equação de Helmholtz; Ondas planas em meios sem perdas e meios com perdas - velocidade de fase, impedância intrínseca, polarização, constantes de atenuação e de fase, bons condutores; Velocidade de grupo; Vetor de Poynting; Interface entre meios diferentes - coeficientes de reflexão e transmissão; ângulo de Brewster, reflexão total.*
3. *Guias de onda: Ondas TEM, TM e TE; Guias de onda de placas paralelas, retangulares e circulares; Guias dielétricos planares e fibras óticas.*
4. *Antenas: Dipolos elétrico e magnético elementares; Diagrama de radiação e parâmetros de antenas; Antenas lineares finas; Grupos de antenas.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Transmission Lines: Distributed parameters and electrical model of a transmission line; Telegraphist equations and wave propagation in transmission lines; Lines in circuits; The Smith diagram; Impedance matching; Transients.*
2. *Plane electromagnetic waves: Maxwell equations; Wave equation and Helmholtz equation; Plane waves in lossless and lossy media - phase velocity, intrinsic impedance, polarization, attenuation and phase constants; good conductors; Group velocity; Poynting vector; Interface between different media - reflection and transmission coefficients, Brewster angle, total reflection.*
3. *Waveguides: TEM, TM and TE waves; Parallel plates, rectangular and circular waveguides; Planar dielectric guides and optical fibers.*
4. *Antennas and radiation: The elementary electric and magnetic dipoles; Antenna radiation pattern and parameters; Thin linear antennas; Antenna arrays.*

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

Esta unidade curricular inicia com o estudo de linhas de transmissão e sua descrição por um modelo elétrico de parâmetros distribuídos, fazendo a ponte entre as leis e conceitos aprendidos nas Unidades Curriculares de Circuitos e Eletromagnetismo e permitindo ainda a introdução do conceito de onda de tensão e corrente (grandezas escalares). Neste estudo são dadas competências relevantes como o uso do diagrama de Smith e técnicas de adaptação de linhas de transmissão.

Segue-se o estudo da propagação de ondas eletromagnéticas planas em meios livres com e sem perdas, e também a sua incidência em meios diferentes. A partir dos resultados obtidos para incidência oblíqua é explicado o funcionamento de guias de onda metálicos e dielétricos, o qual é depois tratado com detalhe pela aplicação das equações de Maxwell e condições de fronteira adequadas.

É feita ainda uma breve abordagem a antenas e radiação, de modo a fornecer conhecimentos que permitam entender os fenómenos de radiação básicos

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

This curricular unit begins with transmission lines and their description by an electrical model with distributed parameters, connecting with what was learnt in previous curricular units (Circuits and Electromagnetism), as well as allowing the introduction of the wave concept for the scalar voltage and current. Particular attention is given to relevant competences such as the use of Smith chart and techniques for impedance matching.

The propagation of planar electromagnetic waves in lossless and lossy media is then addressed, along with the problem of incidence in different media. The results obtained for oblique incidence are used to explain the guiding mechanism in both metallic and dielectric waveguides. These devices are then studied through the application of Maxwell equations and appropriate boundary conditions.

Finally, the problem of generating electromagnetic waves is briefly addressed, mainly to allow the understanding of the basic radiation phenomena.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Tipologia das aulas: 2hT + 2hTP

- *Aulas teóricas: aulas expositivas onde se introduzem os conceitos e as ferramentas matemáticas necessárias à compreensão da matéria lecionada.*
- *Aulas teórico-práticas: discussão e resolução de problemas ilustrativos, e resolução de exercícios de avaliação.*

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final.

A avaliação distribuída é escrita e composta por duas componentes: um exame escrito realizado a meio do semestre (D1) e cinco conjuntos de questões a responder no fim de algumas aulas teórico-práticas (D2).

*A classificação final (CF) é dada pela expressão $CF=0.45*AD+0.55*E$, onde E é a classificação do exame final e AD a classificação da componente distribuída ($AD=0.5*D1+0.5*D2$).*

A aprovação exige mínimo de 35% em AD e mínimo de 40% em E.

Melhoria de classificação: feita por exame escrito, sendo a classificação a atribuir igual ao máximo entre a classificação obtida nesse exame e a classificação final anterior.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

- *Theoretical lectures: presentation of the concepts and mathematical tools required for the understanding of the addressed subjects.*
- *Exercise lectures (TP): discussion and solving of relevant problems, and answering some evaluation questions.*

Type of evaluation: Distributed evaluation with final exam.

The distributed evaluation is written and includes two parts: a written mid-semester exam (D1) and five question sets to be answered at the end of some exercise lectures (D2).

*The final grade (CF) is given by $CF=0.45*Ad+0.55*E$, where E is the grade in the final exam and AD is the grade in the distributed component of the evaluation ($AD=0.5*D1+0.5*D2$).*

Passing requires a minimum of 35% in AD and of 40% in E.

Improvement of the final grade: by final exam, with final grade corresponding to the maximum between the grade obtained in that exam and the previous final grade.

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

A metodologia de ensino combina a exposição dos conceitos físicos e matemáticos nas aulas teóricas com a resolução de exercícios pelos estudantes nas aulas teórico-práticas. Nas aulas teóricas, os diferentes tópicos são abordados partindo de conceitos fundamentais, sendo a análise das diferentes situações estudadas feita com detalhe e rigor matemático. Os exercícios resolvidos nas aulas teórico-práticas são escolhidos para serem exemplificativos da matéria estudada e de aplicações práticas. Durante estas aulas, o papel do docente é essencialmente orientar os estudantes na resolução dos exercícios, incentivando o espírito crítico e alertando para questões relevantes.

As aulas teórico-práticas são também utilizadas para uma componente de avaliação distribuída: de 15 em 15 dias serão resolvidas questões para avaliação durante os 30 minutos finais da aula. Esta componente de avaliação permite incentivar um estudo contínuo ao longo do semestre e uma consolidação da aprendizagem. Por outro lado, pretende-se que estas questões sejam corrigidas muito rapidamente, permitindo assim que os estudantes possuam um mecanismo de auto-avaliação que também irá fomentar a aprendizagem.

Finalmente, a existência de um exame a meio do semestre e um exame final no fim (cobrindo toda a matéria lecionada) justifica-se perante o caráter integrador da matéria abordada nesta unidade curricular.

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

The chosen methodology combines the exposition of the physical and mathematical concepts in the theoretical lectures with the resolutions of exercises by the students in the exercise solving lectures (TP). In the theoretical lectures, the different topics are addressed starting from fundamental concepts, with the different situations being addressed with detail and mathematical rigor. The exercises solved in the TP lectures are chosen to be illustrative of the studied topics and also of real world applications. During these lectures, the teacher role is essentially to guide the student in the exercise resolution, encouraging critical thinking and alerting to relevant issues.

Theoretical-practical classes are also used for a distributed evaluation component: every 15 days evaluation a short questionnaire will be given during the final 30 minutes of the class. This assessment component encourages continuous study throughout the semester and a consolidation of learning. On the other hand, it is intended a short turn around feedback of these questionnaires, thus allowing students to have a self-assessment mechanism that will also foster learning.

Finally, the existence of an exam in the middle of the semester and a final exam at the end (covering all the subjects taught) is justified by the integrative character of the subject covered in this course.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Cheng, D K. (1992) Field and wave electromagnetics (2nd ed). Addison-Wesley.

Kraus, J D., & Fleisch, D. A. (1999). Electromagnetics with applications (5th ed.). WCB/McGraw-Hill.

Inan, S. I., & Inan, A. S. (1999). Engineering electromagnetics. Adison-Wesley.

Demarest, K. R. (1998). Engineering electromagnetics. Prentice Hall.

Martins, M. J., & Neves, I.V. (2015). Propagação e Radiação de Ondas Eletromagnéticas. Lidel

Pinho, P. R. T., Rocha, A. C. D., & Pereira, J. F. R. (2014) Propagação guiada de ondas eletromagnéticas. LTC.

Mapa IV - Eletrónica 1**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Eletrónica 1***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Electronics 1***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EL-SD***4.4.1.3. Duração:***semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***T-26h; PL-26***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 10 turmas PL.***4.4.1.7. Observations:***The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 10 PL classes***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Vítor Manuel Grade Tavares: T-26h (2 turmas) ; PL-52h (10 turmas)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***José Alberto Machado da Silva: T-26h 2 turmas; PL-52h(10 turmas)**António José de Pina Martins: PL-104h(10 turmas)**Docente a contratar: PL-52h(10 turmas)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***O objetivo da unidade curricular é o de dotar os estudantes com o conhecimento dos fundamentos basilares sobre os quais se constroem a análise e o dimensionamento dos circuitos eletrónicos. É dado especial relevo à aplicação das leis e princípios fundamentais da teoria dos circuitos no contexto particular da eletrónica. Reforça-se o conceito de amplificador linear e seus modelos comportamentais no contexto do Amplificador Operacional. Introduzem-se os dispositivos semicondutores não lineares (junção p-n) e ativos (BJT e MOSFET). São apresentados os conceitos de conversão AC/DC básica, de polarização e análise de sinal por aproximação linear em torno do ponto de funcionamento estático (DC). Todas as configurações básicas de amplificação com transístores são devidamente analisadas.**Os estudantes deverão adquirir conhecimentos técnicos no domínio da eletrónica básica e reforçar as suas aptidões pessoais e profissionais, serem capazes de levar a cabo experimentação e de trabalhar em equipa***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The main objective of this curricular unit is to endow students with the knowledge of basilar fundaments on which the analysis and design of electronic circuits are built. In this perspective, it is given particular relevance to the application of fundamental laws and principles of circuit theory in the particular context of electronics. The concepts of linear amplifier and its behavioural modelling are strengthened in the context of the Operational Amplifier. The non-linear (p-n junction) and active (BJT and MOSFET) semiconductor devices are introduced. These are used to present the concepts of basic AC/DC conversion, biasing and signal analysis after linear approximation around the quiescent (DC) operating point. All basic amplification configurations with transistors are analysed in detail.**The students should acquire technical skills in the domain of basic electronics, strengthen their self and professional aptitudes, being capable of conducting experiments and work in a team.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- Noção de amplificação e modelos de amplificadores lineares: ganho de tensão e de corrente, resistência de entrada (R_i) e de saída (R_o).
- 2- Introdução de técnicas de análise de circuitos particularmente relevantes para circuitos electrónicos.
- 3- Aspectos não ideais dos amplificadores no contexto do AmpOp e melhoramentos que os mitigam (e.g. Amp. de Inst.).
- 4- Dispositivos semicondutores: díodos e suas características.
- 5- Circuitos de conversão de energia básicos: Retificação, filtragem e regulação.
- 6- Dispositivos semicondutores ativos: transístores BJT e MOSFET e suas características.
- 7- Polarização e funcionamento para pequenos sinais dos dispositivos ativos; aproximação linear e modelos equivalentes.
- 8- Caracterização de circuitos amplificadores básicos com BJT e MOSFET (ganhos, R_i e R_o).
- 9- Limites de funcionamento linear;
- 10- Aplicação de condensadores de bloqueio DC e de acoplamento de sinal;
- 11- Amplificadores com dois andares de ganho.

4.4.5. Syllabus:

- 1- Amplification concept and modelling of linear amplifiers: current and voltage gains, input (R_i) and output (R_o) equivalent resistances.
- 2- Introduction of circuit analysis techniques that are particularly relevant for electronic circuits.
- 3- Non-ideal amplifier performance in the context of the OpAmp and improvements to mitigate them (e. g. Inst. Amp.).
- 4- Semiconductor devices: diodes and their characteristics.
- 5- Basic energy conversion circuits: rectification, filtering and regulation.
- 6- Active semiconductor devices: BJT and MOSFET transistors and their characteristics.
- 7- Biasing and small signal operation of active devices; linear approximation and equivalent models.
- 8- Characterization of basic BJT and MOSFET amplifying circuits (gain, R_i and R_o).
- 9- Linear operation limits.
- 10- Application of DC blocking and signal coupling capacitors.
- 11- Amplifiers with two gain stages.

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

Esta unidade curricular é a primeira no domínio de análise e conceção de circuitos electrónicos de sinal e, consequentemente, o objetivo é dotar os estudantes com os conceitos e técnicas básicas fundamentais neste domínio. Assim, o conteúdo programático inicia-se com o conceito de amplificador, usando o AmpOp como primeiro exemplo e tratando-o com base no seu modelo comportamental mais simples, procurando contextualizar o conteúdo da unidade e de modo a introduzir as ferramentas necessárias à análise dos circuitos electrónicos que se seguem no programa. Os aspetos não ideais são apresentados realçando as diferenças entre comportamentos simplificados e realistas, permitindo definir limites de funcionamento concretos. Em seguida, estudam-se os dispositivos electrónicos semicondutores principais (díodos, transístores bipolares e de efeito de campo), os seus modelos eléctricos e aplicações. Também aqui se introduzem os aspetos relativos aos limites de operação.

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

This curricular unit (UC) is the first in the field of analysis and design of electronic circuits and, therefore, the goal is to provide students with the fundamental concepts and basic techniques needed in this domain. Thus, the syllabus begins with the concept of amplifier supported by the OpAmp as a first example. The simplest behavioral model is used, seeking to contextualize the content of the UC, but also to introduce analysis tools that are needed in the study and analysis of electronic circuits that follow in the remaining program. Non-ideal aspects are presented highlighting the differences between simplified and realistic behaviors, allowing to define concrete limits of operation. Then, the main semiconductor electronic devices (diodes, bipolar and field effect transistors), their electrical models and applications are studied. The aspects regarding the operating limits are also introduced.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- Aulas Teóricas de exposição dos conteúdos a tratar com apresentação de exemplos práticos ilustrativos, numa lógica de aprendizagem ativa, intercaladas com aulas de demonstração de técnicas de análise e síntese de circuitos e resolução de problemas.
 - Aulas de Prática Laboratorial onde é realizado um conjunto de trabalhos experimentais de aplicação dos conceitos aprendidos.
 - Avaliação: Classificação final (CF) = $0,3 \times CL + 2 \times 0,1 \times MT + 0,5 \times EF$.
 - 1. Componente laboratorial (CL), com um peso de 30%, associada à participação e desempenho nas aulas laboratoriais.
 - 2. Dois minitests (MT), com o peso de 10% cada um.
 - 3. Exame final (EF) com o peso de 50%.
- A aprovação nesta UC pressupõe a obtenção de uma classificação final mínima de 10 valores sujeita a classificações mínima na parcela de: $CL \geq 8,5$. A diferença entre a parcela CL e a classificação do EF não poderá exceder quatro valores em vinte no cálculo da classificação final.
- Horas de contacto semanais: $(1+1)h|T + 2h|PL$.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

- Lectures (T) for delivery of content and discussion, where the matters are treated with the presentation of illustrative practical examples, in a logic of active learning, interleaved with classes for training and discussion of circuit analysis techniques, synthesis and problem solving.

- *Laboratory Practice (PL) classes where the learned concepts are applied in the realization of a set of experimental works.*

- *Evaluation: Final Classification (CF) = 0.3xCL + 2x0.1xMT + 0.5xEF.*

1. *Laboratory component (CL), with a weight of 30%, associated with participation and performance in laboratory classes.*

2. *Two quizzes (MT), each weighing 10%.*

3. *Final exam (EF) with a weight of 50%.*

Passing this UC assumes that a minimum final grade of 10/20 is obtained and subjected to a minimum grade in the component: CL ≥ 9.5. The difference between the CL and EF components may not exceed four out of twenty in the calculation of the final grade.

Weekly contact hours: (1+1) h|T + 2h|PL.

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

Nas aulas teóricas visa-se mais a ilustração e aprofundamento de conhecimentos do que a exposição exaustiva de toda a matéria, acompanhada de exemplos práticos de aplicação e da resolução numérica de problemas exemplo.

Procura-se, em cada semana, propor alguns trabalhos de casa (TPC) com o objetivo de incentivar uma aprendizagem mais autónoma. Com estes pretende-se também contribuir para que o estudante perceba os pontos onde sente mais dificuldade, de modo a poder efetuar uma correção contínua dos mesmos, ora autonomamente ou periodicamente acompanhado.

Como forma de apoio ao estudo autónomo, deverão ser realizadas sessões de esclarecimentos, numa tentativa de suprimir as dificuldades que subsistam, podendo incluir também a resolução de alguns problemas exemplo. Estas sessões deverão ser intercaladas com as aulas Prática Laboratorial. Prevê-se a realização de quatro sessões ao longo do semestre, com uma duração de duas horas cada.

Nas aulas de Prática Laboratorial serão realizados um conjunto de trabalhos com os componentes básicos da eletrónica e a sua aplicação em circuitos, envolvendo simulação, montagem em placa e teste, com base num conjunto de guiões previamente disponibilizados. A componente experimental permite ao estudante aplicar os conceitos aprendidos numa situação concreta de realização prática. Possibilita a sua verificação, assim como expõe o estudante aos elementos de incerteza associados a qualquer implementação de engenharia, apelando a um juízo crítico dos resultados. Cada trabalho estimula ainda uma atitude responsável, solicitando-se a preparação prévia dos mesmos, bem como visa promover a autonomia com a introdução de alguma atividade experimental sem a presença do instrutor.

Procura-se ainda, em cada aula prática, levantar algumas questões cujo objetivo é motivar os estudantes para a aprendizagem dos conceitos fundamentais relacionados com a implementação laboratorial dos trabalhos práticos. Os trabalhos são realizados em grupos de dois estudantes.

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

Lectures are targeted more for illustration and deepening of knowledge than to exhaustive expositions of the whole subject. Lectures are followed with practical application examples and numerical problem solving. Each week, homework assignments (HW) are issued to encourage autonomous learning. HWs are also expected to contribute to the student's understanding of the aspects where he/she feels are the most difficult to follow by him/her, allowing the student to make a continuous correction, either autonomously or periodically accompanied.

To support the autonomous study, recitation sessions are held in an attempt to eliminate remaining difficulties and may also include the resolution of some example problems. These sessions should be interspersed with the Laboratory Practice classes. Four sessions will be held throughout the semester, each lasting two hours.

In Laboratory Practice classes, a set of Lab assignments are to be proposed, involving basic electronic components and their application in circuits. Simulation, mounting on breadboard, and testing are all included in the process, and the problem is to be described in guide documents previously made available. The experimental component allows the student to apply the learned concepts in a concrete situation of practical realization. It enables its verification, as well as it exposes the student to the elements of uncertainty associated with any engineering implementation, calling for a critical judgment of the results. Each work also stimulates a responsible attitude, through the request of a previous preparation of the experiment, as well as it promotes autonomy, by the introduction of some experimental activity without the presence of the instructor.

In Laboratory Practice class, some questions will be raised to students that aim to motivate the learning of fundamental concepts related to practical (real) implementation of circuits, and to experimental good practices. Lab works are developed in teams of two students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Oliveira, P. G., & Santos, D. M. (2018). Eletrónica. Uma visão de projeto (1st edition), U.Porto Edições. ISBN: 978-989-746-164-4.

Sedra, A. S., & Smith, K. C. (2015). Microelectronic circuits (7th edition). Oxford Press. ISBN: 978-0-19-933913-6.

Mapa IV - Controlo

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Controlo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Control

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*CFEL***4.4.1.3. Duração:***semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***T-26h; TP-26h***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 10 turmas TP.***4.4.1.7. Observations:***The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 10 TP classes***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Maria Paula Macedo Rocha Malonek: 26h T (2 turma), 26h TP (9 turma)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***António Pedro Rodrigues Aguiar: 52h TP (9 turmas)**Nuno Alexandre Lopes Moreira da Cruz: 78h TP (9 turmas)**Paulo Jorge de Azevedo Lopes dos Santos: 26h T (2 turma), 104h TP (9 turmas)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Pretende-se dotar os estudantes da capacidade de: 1. modelizar processos e atuadores elementares; 2. analisar sistemas lineares e invariantes (LI) nos domínios temporal e de frequência; 3. operar com diferentes representações de sistemas LI; 4. analisar sistemas realimentados, incluindo controladores realimentados; 5. sintetizar leis elementares de controlo, baseadas em requisitos de desempenho e estabilidade.**No final da unidade curricular o estudante deverá ser capaz de integrar conhecimentos adquiridos, num contexto motivador das aplicações em Engenharia, na área de sistemas e controlo.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The main goal of this course is to endow students with the ability to: 1. model elementary processes and actuators; 2. analyze linear time invariant (LTI) systems in the time and frequencies domains; 3. operate with different representations of LTI systems; 4. analyze feedback systems, including feedback controllers; 5. synthesize basic feedback controllers based on performance and stability requirements.**At the end of the course the student should be able to integrate the acquired knowledge in the motivating context of applications in engineering, in the field of systems and control***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Modelização de processos e atuadores elementares.**2. Realimentação. Estabilidade. Método dos lugares geométricos das raízes. Critério de estabilidade de Nyquist.**Margem de ganho e de margem de fase. Desempenho em regime permanente de sistemas realimentados.**3. Ações de controlo elementares: proporcional, integral e derivativa. Controlador PID. Métodos de calibração.**4. Compensadores de 1ª ordem atraso e avanço. Compensação por LGR. Compensação no domínio da frequência.**5. Espaço de estados: redução de uma equação diferencial de ordem n a um sistema de equações de 1ª ordem.**Determinação da função de transferência a partir do modelo de estado. Solução do modelo de estado usando a transformada de Laplace.**6. Estabilidade interna e externa de modelos em espaço de estados. Controlabilidade e observabilidade.**Realimentação de estado, observadores, seguimento assintótico.***4.4.5. Syllabus:***1. Modeling of elementary processes and actuators.**2. Feedback. Stability. Root loci method. Nyquist stability criteria. Gain margin and phase margin. Steady state performance of feedback systems.**3. Elementary control actions: proportional, integral and derivative. PID controller. Calibration methods.*

4. *Lead and lag 1st order compensators. Root loci compensation. Frequency domain compensation.*
5. *State space: reduction of a differential equation of order n to a system of 1st order equations. Determination of the transfer function from the state model. Solution of the state model using the Laplace transform.*
6. *Internal and external stability of state space models. Controllability and observability. State feedback, observers, reference tracking.*

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

Os conteúdos programáticos abrangem conceitos teóricos e ferramentas de análise de sistemas lineares e síntese de controladores permitindo aos estudantes obter os conhecimentos, as competências e as aptidões indicados nos objetivos de aprendizagem. O programa adotado permite construir de forma progressiva o corpo de conhecimento necessário a estes objetivos.

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

The syllabus covers theoretical concepts and tools for analysis of linear systems and synthesis of controllers allowing students to obtain the knowledge, skills and abilities indicated in the learning objectives. The programme adopted makes it possible to progressively build up the body of knowledge necessary for these objectives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas: exposição dos tópicos programáticos e exemplos de aplicação.

Aulas teórico-práticas: exposição e resolução de exemplos no quadro, esclarecimento de dúvidas e discussão dos problemas previamente propostos como trabalho de casa. Demonstrações e realização de pequenos projetos com recurso ao software Matlab/Simulink.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes: exposition of programmatic topics and examples of application.

Theoretical-practical lessons: exposition and resolution of examples in the board, clarification of doubts and discussion of problems previously proposed as homework. Demonstrations and realization of small projects using the software Matlab/Simulink.

Type of Evaluation: Distributed evaluation with final exam.

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

A exposição de conteúdos teóricos e a discussão de exemplos ilustrativos realizadas nas aulas teóricas contribui para a aquisição das bases teóricas da teoria do controlo. Os trabalhos de casa e a sua discussão nas aulas teórico-práticas promovem o trabalho autónomo essencial para uma sistematização dos conceitos abordados. A utilização de ferramentas computacionais permite ainda que os estudantes possam explorar os conceitos abordados validando a sua compreensão.

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

The presentation of theoretical contents and the discussion of illustrative examples carried out in lectures contributes to the acquisition by the students of solid bases of control theory. Homework assignments and discussion in lab sessions promote autonomy which is fundamental for a correct systematization of covered topics. The use of computational tools allows students to explore the topics covered validating their understanding.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Martins de Carvalho, J. L. (2000). Sistemas de controle automático. LTC.

J. L. Martins de Carvalho. (1993) Dynamical systems and automatic control. Prentice-Hall.

G.F. Franklin, G. F., Powell, J.D., Emami-Naeini, A. (2010) Feedback Control of Dynamic Systems. Pearson Higher Education.

Mapa IV - Investigação Operacional

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Investigação Operacional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Operational Research

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

G

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

4.4.1.5. Horas de contacto:*T-26; TP-26h***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:*Pré-requisitos**Cursos básicos de álgebra, estatística e teoria das probabilidades.***4.4.1.7. Observations:***Basic courses in algebra, statistics and probability theory.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Maria Antónia da Silva Lopes e Carravilla T26h (2 turmas) ; TP 26h (8 turmas)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***(Responsável) José Fernando da Costa Oliveira T26h (2 turmas); TP 26h (8 turmas)**Luís Filipe Ribeiro dos Santos Guimarães TP 104h (8 turmas)**Maria Beatriz Brito Oliveira (TP 52h (8 turmas))***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Dotar os estudantes com competências para:*

- *identificar e abordar de forma hábil e estruturada problemas de decisão;*
- *construir modelos de problemas de decisão;*
- *identificar e recorrer a métodos analíticos para obtenção de soluções para os modelos construídos, como suporte para decisões fundamentadas;*
- *usar folhas de cálculo para análise e obtenção de soluções para os modelos construídos;*
- *extrair informação dos modelos e utilizá-la para comunicar e motivar mudanças organizacionais.*

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

- *identify and address decision problems in a structured way;*
- *build models of decision problems;*
- *identify and use analytical methods to obtain solutions for the models, that should act as a support for informed decisions;*
- *use spreadsheets to analyse and obtain solutions for the models;*
- *extract information from the models to communicate and motivate organizational changes.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Modelação de problemas de programação linear com variáveis contínuas.**Programação Linear (resolução gráfica e análise de sensibilidade).**Utilização de software de otimização para a resolução de problemas de programação linear com variáveis contínuas e para a geração de relatórios de análise de sensibilidade).**Modelação de problemas em redes com modelos de programação linear.**Modelação de problemas de programação linear com variáveis inteiras e binárias.**Resolução de problemas de programação linear com variáveis inteiras e binárias.**Filas de espera.**Teoria da Decisão.***4.4.5. Syllabus:***Modelling of linear programming problems with continuous variables.**Linear Programming (graphical resolution and sensitivity analysis)**Resolution of linear programming problems with continuous variables and generations of sensitivity reports using optimization software.**Modelling of network problems as linear programming models.**Modelling of linear programming problems with integer and binary variables.**Resolution of linear programming problems with integer and binary variables.**Queueing Theory.**Decision Theory.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***O objetivo principal desta unidade curricular é, através da criação de modelos, desenvolver competências para análise de um conjunto vasto de situações reais. Essas competências baseiam-se na capacidade de reconhecer o problema-*

chave numa situação não estruturada, na capacidade de desenvolver uma estrutura para analisar a tratar o problema e na aplicação de métodos analíticos na sua resolução.

Atendendo à definição de Investigação Operacional disponível no sítio da internet da Sociedade de Investigação Operacional do Reino Unido, encontramos um emparelhamento perfeito desta unidade curricular científica com os objetivos declarados:

“Operational research is the discipline of applying advanced analytical methods to help make better decisions. By using techniques such as problem structuring methods [...] and mathematical modeling to analyze complex situations, operational research gives executives the power to make more effective decisions and build more productive systems”.

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

The main objective of this course is, through the creation of models, develop skills for analysing a wide range of real situations. These competencies are based on the ability to recognize the key problem in a non-structured situation, on the ability to develop a framework for analysing and treating the problem and on the application of analytical methods for its resolution.

Looking at the definition of operational research available at the UK Operational Research Society's website, we find a perfect match between this scientific field and the declared objectives:

“Operational research is the discipline of applying advanced analytical methods to help make better decisions. By using techniques such as problem structuring methods [...] and mathematical modeling to analyze complex situations, operational research gives executives the power to make more effective decisions and build more productive systems”.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Metodologias de ensino:

Carga horária semanal - 3h TP

Horas totais previstas – 39h

Estudo autónomo – 123h

Atendimento aos estudantes (horário a indicar por cada docente).

Exposição dos temas programáticos, sempre que possível com recurso a métodos de aprendizagem ativa. A exposição será sempre ilustrada por casos, exemplos e problemas. Esclarecimento de dúvidas sobre a resolução dos problemas propostos.

Avaliação:

AVALIAÇÃO DISTRIBUÍDA:

- Exercícios a realizar no fim da aula (sem consulta) – 50%

- Mini-teste (sem consulta) – 20%

EXAME (com consulta) – 30%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching methodologies:

Weekly load - 3h TP

Scheduled total hours - 39h

individual study – 123h

Attendance to students (time to be indicated by each lecturer)

The themes are presented using active learning methods. The problems are illustrated with examples. The problems from a list of proposed problems are discussed and solved by the students.

Evaluation:

DISTRIBUTED EVALUATION:

- Exercises in class (closed book) – 50%

- Test (closed book) – 20%

EXAM (open book) – 30%

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

Os princípios da aprendizagem ativa estão já bem estabelecidos na Pedagogia como conduzindo a uma melhor e mais duradoura aprendizagem por parte do estudante, por o comprometer completamente no processo da sua própria aprendizagem. Assim, todas as atividades levadas a cabo durante as aulas visam implementar os princípios da aprendizagem ativa e, ao mesmo tempo, consolidar de imediato (pela aplicação) os conceitos acabados de apreender a partir de exposição do professor.

A componente prática da aula é organizada segundo os princípios da aprendizagem cooperativa. Os estudantes organizam-se em grupos de 4 elementos e procuram durante a aula resolver os problemas que são indicados pelo docente, de uma forma colaborativa. O docente apoia cada grupo nas dificuldades que este não consegue ultrapassar na sua discussão interna, funcionando como um

facilitador da aprendizagem e não como o centro da aula. A aula prática deve funcionar como uma consolidação da aprendizagem iniciada na aula teórica e no estudo individual prévio. Esta consolidação é ainda mais reforçada através da avaliação individual que semanalmente é realizada. No fim

da aula, um pequeno exercício deve ser resolvido (sem consulta) pelos estudantes, que é corrigido e discutido com os estudantes na semana seguinte, reforçando assim a componente de avaliação formativa. Estes exercícios endereçam os níveis mais baixo do domínio cognitivo da aprendizagem segundo a taxonomia de Bloom. O mini-teste avalia a capacidade de interpretar modelos de programação linear de alguma complexidade, e de alterar ou incorporar restrições nesses modelos de forma a adaptá-los a novas situações. O exame final consiste na oportunidade de avaliar

os níveis mais elevadas da taxonomia, exigindo-se capacidades de síntese e de utilização do conhecimento consolidado em contextos novos.

A metodologia de ensino e de avaliação está portanto, em total coerência com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

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

The active learning principles are already well established in Pedagogy, as leading the student to better and longer duration learning outcomes, once it fully involves the student in its own learning process. Therefore, all activities developed in class are meant to implement the active learning principles and, at the same time, to immediately consolidate (by doing) the concepts just learned from the teacher lecture.

The practical component of the classes is organized according to the principles of cooperative learning. Students are organized in groups of 4 and try to solve, during the class, the problems proposed by the teacher, in a collaborative way. The teacher supports each group in the difficulties that are not overcome in the group's internal discussion, acting as a facilitator of the students' learning process and not as the center of the class. The practice classes are supposed to work as a consolidation of the learning process started in the lecture class and in the student's self-study. This consolidation is even further reinforced by the individual assessment that weekly is run. At the end of the class a small exercise has to be solved (closed book) by the students, which is marked and discussed with them in the following week, reinforcing the formative component of the assessment. These exercises address the lower levels of cognitive domain of the taxonomy of Bloom.

The teaching and assessment methodologies are, therefore, in complete coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2001) Introduction to operations research. McGraw-Hill.

Taha, H. A. (1997). Operations research (6th ed.). Prentice-Hall.

Documentação de apoio a Investigação Operacional

(Disponível a partir da página web da unidade curricular)

Mapa IV - Sistemas Elétricos de Energia

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas Elétricos de Energia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electrical Power Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EN

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-26h; TP-26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Serviço T partilhado (2 módulos). As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. Oito turmas TP.

4.4.1.7. Observations:

Shared T service (2 modules). The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. Eight TP classes.

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

Manuel António Cerqueira da Costa Matos T: 26 h (2 turma)

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

José Rui da Rocha Pinto Ferreira: T 26h (2 turma) TP: 26 h (7 turma)

João Paulo da Silva Catalão TP: 104h (7 turmas)

José Nuno Moura Marques Fidalgo TP: 52 h (7 turmas)

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

No final da UC os estudantes devem ser capazes de:

1. Demonstrar conhecimentos relativos à constituição e funcionamento das centrais de produção elétrica e dos sistemas de transporte e de distribuição de eletricidade (competências CDIO 1.2, 2.1, 2.3); 2. Descrever e aplicar os modelos de linhas de transmissão e calcular de forma simplificada o trânsito de potências em redes emalhadadas (competências CDIO 1.2, 2.1, 2.3); 3. Descrever e aplicar os sistemas tarifários e de incentivos para promoção da eficiência energética (competências CDIO 1.2, 2.1, 2.3); 4. Mostrar capacidade de trabalho autónomo e de pesquisa bibliográfica (competências CDIO 2.4); 5. Demonstrar capacidade de integração e de realização de trabalhos em equipa e de planeamento e desenvolvimento de trabalho conjunto (competências CDIO 2.4)

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

By the end of the CU, the students should be able to:

1. Demonstrate knowledge regarding electric power plants, transmission systems and energy supply (CDIO 1.2; 2.1, 2.3); 2. Describe and apply models of transmission lines and calculate power flow in meshed networks (CDIO: 1.2; 2.1, 2.3); 3. Describe and apply fare systems and incentives to energy efficiency (CDIO 1.2; 2.1; 2.3); 4. Show ability to apply techniques of autonomous work and bibliography research (CDIO 2.4); -5. Show capacity of carrying out team work and planning and developing a group work (CDIO: 2.4);

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Organização do setor elétrico. Estrutura do Sistema Elétrico de Energia. Produção industrial de energia elétrica. Cargas. Mercados de eletricidade. Tendências de evolução. Modelos de linhas de transmissão. Sistema por unidade. Modelo matemático do sistema elétrico de energia. Funcionamento e controlo do sistema. Trânsito de potências: formulação e modelo linearizado (DC). Sistemas tarifários.

4.4.5. Syllabus:

Organization of the electric sector. Structure of the Electric Power System. Industrial generation of electricity. Loads. Electricity markets. Evolution trends. Transmission lines models. Per Unit System. Mathematical model of the electric power system. System operation and control. Power flow: formulation and linear model (DC). Tariffs.

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

Esta UC inclui, nos seus conteúdos programáticos, um conjunto de tópicos que abrange todos os objetivos de aprendizagem estabelecidos para a UC. Garante ainda uma cobertura com profundidade suficiente para desenvolver capacidade de análise e modelação matemática. O desenvolvimento da capacidade crítica será assegurado de forma transversal no programa pelos métodos de ensino, privilegiando a discussão dos temas.

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

The syllabus of this curricular unit includes a set of topics that allow reaching the established learning outcomes. It covers the topics with sufficient depth to enable also capabilities of mathematical modeling and analysis. The development of a critical attitude will be supported transversely through the lectures, privileging discussion.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas de exposição, com apoio de apresentações ppt. Aulas práticas para resolução de problemas. Visitas de estudo a centrais e subestações elétricas.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída sem exame final

Condições de Frequência: Não exceder o número de faltas definidas regulamentarmente

*Fórmula de avaliação: Haverá duas avaliações distribuídas (MT1 e MT2) de que resulta a classificação final da avaliação distribuída: $CAD=0,5*MT1+0,5*MT2$. Haverá um exame de recurso, para toda a matéria.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes will be based on the presentation of the themes with support of ppt presentations. Practical classes will be based on problem solving; Visits to electric power plants and substations.

Type of evaluation: Distributed evaluation without final exam

Terms of frequency: No special requirements

*Formula Evaluation: There will be two evaluations (MT1 and MT2) leading to a final score of the distributed evaluation: $CAD=0,5*MT1+0,5*MT2$. There will be a supplementary exam covering all the subjects discussed in the course*

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

As aulas teóricas são adequadas a um grande número de estudantes, como meio de apresentar e explicar os conceitos, descrições técnicas e formulações matemáticas características dos diferentes tópicos da UC. Os estudantes têm a oportunidade de desenvolver as suas competências a partir deste ponto, adicionando o seu trabalho de estudo autónomo, com a sequência correspondente através de resolução de problemas. Os estudantes são avaliados no meio e final do semestre, tanto sobre os aspetos funcionais descritivos como sobre a capacidade de resolver problemas de natureza realista.

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

The theoretical classes are adequate to a large number of students, as a means to present and explain the concepts, technical descriptions and mathematical formulations characteristic of the different topics of the curricular unit. The students have the opportunity to develop their competences starting from this point, adding their autonomous study work, with the corresponding sequence through problem solving. They are evaluated in the middle and in the end of the semester, both regarding the descriptive functional aspects and the ability to solve problems of realistic nature.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Elgerd, O. I. (1983) Electric energy systems theory. McGraw-Hill.
 Weedy, B. M., & Cory, B. J. (2005). Electric Power Systems (4th ed). John Wiley & Sons.
 Grainger, J. J., Stevenson, W.D. Jr. (1994). Power System Analysis. McGraw-Hill.
 Sucena Paiva, J. P. S. (2015) Redes de energia eléctrica (4ª ed.). IST Press.*

Mapa IV - Fundamentos de Máquinas Elétricas**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Fundamentos de Máquinas Elétricas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electric Machines Fundamentals

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EN

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-26h; PL-26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 8 turmas TP.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the student. Eight TP classes.

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

Carlos Manuel de Araújo Sá: T-52h (2 turmas) TP-52h (8 turmas)

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

*Artur Manuel Figueiredo Fernandes Costa: TP-78h (8 turmas)
 Docente a contratar: TP -78h (8 turmas)*

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

Esta unidade curricular tem por objetivo dotar o/ estudante dos conhecimentos essenciais sobre máquinas elétricas e eletromagnetismo aplicado. Assim, pretende-se que o/a estudante:

- *Adquirir conhecimentos técnicos sobre classificação, constituição e fenómenos físicos que participam no funcionamento das máquinas elétricas no geral (estáticas e rotativas).*
- *Conheça e compreenda as regras gerais para a seleção, instalação, utilização racional e manutenção de máquinas elétricas (estáticas e rotativas).*
- *Seja capaz de formular, analisar e resolver problemas básicos relativos à exploração de máquinas elétricas (estáticas e rotativas).*

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

This course aims to provide the student with the essential knowledge about electrical machines and applied electromagnetism. Thus, it is intended that the student:

- *Acquire technical knowledge on classification, constitution and physical phenomena that participate in the operation of electrical machines in general (static and rotating).*
- *Know and understand the general rules for the selection, installation, rational use and maintenance of electrical machines (static and rotating).*
- *Be able to formulate, analyse and solve basic problems related to the operation of electric machines (static and rotating).*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Definição de máquina elétrica (ME), classificação, campos de aplicação.

Aspetos comuns de ME:

1. *Grandezas; valores estipulados; regimes de carga.*
2. *Fenómenos elétricos: condutores e isolantes; enrolamentos DC e AC em ME; efeitos harmónicos.*
3. *Fenómenos eletromagnéticos: relações básicas do eletromagnetismo; núcleos magnéticos; produção, tipos e efeitos de campos magnéticos.*
4. *Fenómenos mecânicos: características de binário e de potência; equilíbrio mecânico e ponto de funcionamento; inércia e aceleração; sistemas de transmissão do movimento.*
5. *Fenómenos térmicos: grandezas; lei do aquecimento; sistemas de refrigeração em ME; classes térmicas.*
6. *Perdas e rendimento (potência/energético); classes de eficiência em ME.*

Aspetos construtivos, teoria e características de funcionamento de:

1. *Transformadores de 2 enrolamentos.*
2. *Motores DC e AC (de indução e síncronos).*
3. *Geradores AC (síncronos e assíncronos).*

Regras de instalação e manutenção. Normalização em ME.

4.4.5. Syllabus:

Electrical machines (EM) definition, classification and fields of application.

Common aspects of EM:

1. *Quantities, rated values and load factors.*
2. *Electrical phenomena: conductors and insulators; DC and AC windings in EM; harmonic effects.*
3. *Electromagnetic phenomena: electromagnetism basic relations; magnetic cores; production, types and effects of magnetic fields.*
4. *Mechanical phenomena: torque and power curves; mechanical balance and working point; inertia and acceleration; transmission systems.*
5. *Thermal phenomena: quantities and eating law; EM refrigeration systems; thermal classes.*
6. *Losses and efficiencies (power and energy); EM efficiency classes.*

Constructive aspects, theory and performance characteristics of:

1. *2-winding transformers.*
2. *DC and AC motors (induction and synchronous types).*
3. *AC generators (synchronous and induction types).*

Installation and maintenance rules. EM standardisation.

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

Os conteúdos programáticos foram selecionados em função dos objetivos de aprendizagem, garantindo uma plena concordância, ponto a ponto, entre ambos.

Na definição de uns e outros, assumiu-se como ponto de partida que:

- *nesta etapa do ciclo de estudos, o estudante só dispõe de conhecimentos essenciais sobre circuitos elétricos, eletromagnetismo e mecânica.*
- *a formação básica em máquinas elétricas (AC e DC, estáticas e rotativas/lineares) é nuclear e estruturante no âmbito deste ciclo de estudos em eletrotecnia.*
- *os objetivos de aprendizagem e conteúdos programáticos da presente unidade curricular poderão ser aprofundados no ciclo de estudos subsequente, nomeadamente através de outras unidades curriculares da mesma área científica de máquinas elétricas.*

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

The syllabus was selected according to the learning objectives, ensuring full agreement, point by point, between both. In the definition of both, it was assumed that:

- *At this stage of the study cycle, the student has only essential knowledge about electrical circuits, electromagnetism and mechanics.*
- *Basic training in electrical machines (AC and DC, static and rotary / linear) is core and structuring within this cycle of electrotechnical studies.*
- *The learning objectives and syllabus of this curricular unit may be deepened in the subsequent study cycle, namely through other curricular units of the same scientific area of electric machines.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

METODOLOGIAS:

Os objetivos de aprendizagem da unidade curricular serão alcançados recorrendo, em primeiro lugar, aos períodos de contacto direto com o estudante correspondentes a sessões teóricas dedicadas à explanação dos temas centrais dos conteúdos curriculares e seu debate, e a sessões teórico-práticas vocacionadas para a análise e resolução de variados casos concretos de exploração. Não se exclui à partida o recurso a demonstrações laboratoriais.

Complementarmente, será induzido o trabalho individual do estudante, através de propostas de trabalho não presencial que será acompanhado em períodos específicos de atendimento em gabinete. Serão disponibilizados materiais de estudo e indicadas fontes bibliográficas para cada tema. Serão estimulados comportamentos éticos e deontológicos ao nível individual e da responsabilidade coletiva.

AVALIAÇÃO:

Avaliação distribuída (peso 50%) com exame final (peso 50%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

METHODOLOGIES:

The learning objectives of the curricular unit will be achieved through, firstly, the periods of direct contact with the student corresponding to theoretical sessions dedicated to the explanation of the central themes of the curricular contents and their debate, and to theoretical-practical sessions devoted to the analysis and resolution of various concrete cases of exploitation. The use of laboratory demonstrations is not excluded at the outset.

In addition, the student's individual work will be induced through non-present work proposals that will be accompanied in specific periods of office attendance. Study materials and bibliographic sources will be provided for each theme.

Ethical and deontological behaviors will be encouraged at the individual and collective responsibility levels.

EVALUATION:

Distributed evaluation (weight 50%) with final exam (weight 50%).

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

As estratégias de ensino adotadas nesta unidade curricular procuram conduzir progressivamente o estudante desde os conhecimentos teóricos básicos à sua aplicação prática, através de exercícios numéricos.

Estimula-se o envolvimento do estudante num trabalho individual e coletivo que reforce a sua aprendizagem e troca de experiências. Para além das sessões presenciais, prolonga-se esse esforço para além das mesmas com propostas pontuais de trabalho de casa, de preparação. Entretanto, apoia-se o estudante nessa tarefa através de apoio de gabinete e à distância.

A metodologia de avaliação preconizada tenta também reforçar a perspetiva da aprendizagem contínua e do trabalho correspondente.

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

The teaching strategies adopted in this course aim to progressively lead the student from basic theoretical knowledge to its practical application through numerical exercises.

Students are encouraged to engage in individual and collective work that reinforces their learning and exchange of experiences. Beyond the face-to-face sessions, this effort goes beyond them with occasional homework, preparation proposals. However, the student is supported in this task through office and remote support.

The proposed evaluation methodology also tries to reinforce the perspective of continuous learning and corresponding work.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Fraile Mora, J.; Máquinas eléctricas. ISBN: 84-481-3913-5

Chapman, S. J.; Electric machinery fundamentals. ISBN: 007-115155-9

McPherson, G.; An introduction to electrical machines and transformers. ISBN: 0-471-05586-7

Costa, A. F. (2012); Circuitos eléctricos acoplados magneticamente. DEEC/FEUP

Araújo Sá, C. (2016); Simbologia usada em máquinas eléctricas. DEEC/FEUP

Araújo Sá, C. (2017); Tolerâncias funcionais em máquinas eléctricas. DEEC/FEUP

Carvalho, C. C. (1983); Transformadores. Editorial Engenharia, FEUP

Araújo Sá, C. (2018); Grandezas características de transformadores eléctricos de potência. DEEC/FEUP

Almeida, G.; Sistema Internacional de Unidades (SI). ISBN: 972-707-162-7

Mapa IV - Eletrónica 2

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Eletrónica 2

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electronics 2

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EL-SD

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:*T-26h; PL-26h***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:*As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. Dez turmas PL.***4.4.1.7. Observations:***The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. Ten PL classes.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Vítor Manuel Grade Tavares: T-26h (2 turmas); PL-52h (10 turmas)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***José Alberto Peixoto Machado da Silva: T-26h (2 turma); PL-52h (10 turmas)**Armando Luís Sousa Araújo: PL-52h (10 turmas)**Docente a contratar: PL-104h (10 turmas)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Dotar os estudantes com os conceitos e técnicas de análise e projeto de amplificadores diferenciais, multiandar, e dos circuitos lineares e não lineares em que são aplicados.**É também estudado o funcionamento dos transístores em modo de comutação no contexto da realização e da análise comportamental de circuitos lógicos básicos, completando assim a formação base dos estudantes em eletrónica, nos seus aspetos mais fundamentais.**No final desta unidade curricular, os estudantes deverão ver reforçados os seus conhecimentos técnicos no domínio da eletrónica e as suas aptidões pessoais e profissionais, nomeadamente no que refere ao raciocínio em engenharia e resolução de problemas, ser capazes de levar a cabo experimentação e trabalhar em grupo.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To endow the students with the concepts and techniques of analysis and design of differential, multistage amplifiers, and of linear and nonlinear circuits to which they are applied.**The operation of transistors in switching mode is also an object of study in the context of synthesis and behavioral analysis of basic logic circuits, thus completing the basic training of students in electronics, in its most fundamental aspects.**At the end of this curricular unit, students should have strengthened their technical knowledge in the field of electronics and improved their personal and professional skills, especially in engineering thinking and problem solving, and students should be able to carry out experimentation and working in group.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1- Resposta em frequência das configurações básicas de amplificação.**2- Par diferencial.**3- Elementos constitutivos do amplificador multi-andar e métodos de análise de pequeno e grande sinal (com e sem carga ativa) — AmpOp.**4- Análise de um AmpOp comercial. (x741) e dos seus principais parâmetros de caracterização.**5- Andares de saída de potência (classes A, B e AB).**6- Análise de amplificadores realimentados nas suas diferentes formas.**7- Análise de estabilidade e compensação do amplificador realimentado.**8- Circuitos funcionais com AmpOps.**9- Operação de dispositivos eletrónicos em comutação.**10- Circuitos lógicos CMOS — Inversor, NAND e NOR — caracterização básica.**Incluem-se no programa tanto os transístores bipolares como os MOSFET.***4.4.5. Syllabus:***1- Frequency response of basic amplifier configurations.**2- Differential pair.**3- Multistage amplifier components and small- and large-signal analysis methods (with and without active load) - AmpOp.**4- Analysis of a commercial AmpOp - x741, and its principal characterization parameters.**5- Power output stages (classes A, B and AB).**6- Analysis of feedback amplifiers in their different forms.**7- Stability analysis and compensation of feedback amplifiers.**8- Functional circuits with AmpOps.*

9- Operation of electronic devices under switching.

10- CMOS logic circuits - Inverter, NAND and NOR - basic characterization.

Both bipolar and MOSFET transistors are included in the program.

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

Os conteúdos prosseguem no sentido de contextualizar os conhecimentos já adquiridos na análise e projeto de amplificadores. Os diferentes blocos constituintes são apresentados a par com os aspetos de limitação funcional. São então introduzidos os modelos de dispositivos considerando as capacidades intrínsecas e feita a análise da resposta em frequência dos elementos base de amplificação. O estudo do amplificador operacional x741 consolida os conceitos e aproveita-se o estudo do seu andar de saída para introduzir os andares de potência.

Segue-se a introdução dos conceitos de realimentação, presente na grande maioria das aplicações com AmpOps, cuja correta introdução é essencial, em particular no que diz respeito a garantir estabilidade funcional dos circuitos.

Finalmente, outros modos de utilização dos amplificadores são ilustrados como exemplos de aplicação.

A abordagem ao comportamento dos circuitos básicos da eletrónica digital completa os fundamentos básicos de eletrónica.

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

The contents proceed to contextualize the knowledge already acquired in the analysis and design of amplifiers. The different building blocks are presented along with functional limitation aspects. Device models are then introduced considering intrinsic capacitors, and frequency analysis of basic amplifier topologies is performed. The study of the x741 operational amplifier consolidates the concepts, and the study of its output stage is used to introduce power stage configurations.

Feedback concepts, present in the vast majority of OpAmp applications, are introduced with particular regard to ensuring functional stability of the circuits. Finally, other forms of utilization of amplifiers are illustrated as application examples.

The approach to basic circuit behavior of digital electronics completes the basic fundamentals of electronics.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- Aulas Teóricas de exposição dos tópicos a tratar com apresentação de exemplos práticos ilustrativos, numa lógica de aprendizagem ativa, intercaladas com aulas de demonstração de técnicas de análise e síntese de circuitos e resolução de problemas.

- Aulas de Prática Laboratorial onde será realizado um conjunto de trabalhos experimentais orientados por guião, ilustrativos dos conceitos aprendidos.

- Avaliação: Classificação final (CF)=0,3xCL+2x0,1xMT+0,5xEF

1. Componente laboratorial (CL), com um peso de 30%, associada à participação e desempenho nas aulas laboratoriais.

2. Dois minitestes (MT), com o peso de 10% cada um.

3. Exame final (EF) com o peso de 50%.

A aprovação nesta UC pressupõe a obtenção de uma classificação final mínima de 10 valores sujeita a classificações mínimas na parcela: $CL \geq 9,5$ valores. A diferença entre a parcela CL e a classificação do EF não poderá exceder quatro valores em vinte no cálculo da classificação final.

Horas de contacto semanais: $(1+1)h|T + 2h|PL$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

- Lectures (T) for delivery of content and discussion, where the matters are treated with the presentation of illustrative practical examples, in a logic of active learning, interleaved with classes for training and discussion of circuit analysis techniques, synthesis and problem solving.

- Laboratory Practice (PL) classes where the learned concepts are applied in the realization of a set of experimental works.

- Evaluation: Final Classification (CF) = $0.3 \times CL + 2 \times 0.1 \times MT + 0.5 \times EF$.

1. Laboratory component (CL), with a weight of 30%, associated with participation and performance in laboratory classes.

2. Two quizzes (MT), each weighing 10%.

3. Final exam (EF) with a weight of 50%.

Passing this UC assumes that a minimum final grade of 10/20 is obtained and subjected to a minimum grade in the component: $CL \geq 9.5$. The difference between the CL and EF components may not exceed four out of twenty in the calculation of the final grade.

Weekly contact hours: $(1+1) h|T + 2h|PL$.

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

Nas aulas teóricas visa-se mais a ilustração e aprofundamento de conhecimentos do que a exposição exaustiva de toda a matéria, acompanhada de exemplos práticos de aplicação e da resolução numérica de problemas exemplo.

Procura-se, em cada semana, propor alguns trabalhos de casa (TPC) com o objetivo de incentivar uma aprendizagem mais autónoma. Com estes pretende-se também contribuir para que o estudante perceba os pontos onde sente mais dificuldade, de modo a poder efetuar uma correção contínua dos mesmos, ora autonomamente ou periodicamente acompanhado.

Como forma de apoio ao estudo autónomo, deverão ser realizadas sessões de esclarecimentos, numa tentativa de suprimir as dificuldades que subsistam, podendo incluir também a resolução de alguns problemas exemplo. Estas sessões deverão ser intercaladas com as aulas Prática Laboratorial. Prevê-se a realização de quatro sessões ao longo do semestre, com uma duração de duas horas cada.

Nas aulas de Prática Laboratorial serão realizados um conjunto de trabalhos, envolvendo dimensionamento/projeto,

simulação, montagem em placa e teste, com base num conjunto de guiões previamente disponibilizados. A componente experimental permite ao estudante aplicar os conceitos aprendidos numa situação concreta de realização prática. Possibilita a sua verificação, assim como expõe o estudante aos elementos de incerteza associados a qualquer implementação de engenharia, apelando a um juízo crítico dos resultados. Cada trabalho estimula ainda uma atitude responsável, solicitando-se a preparação prévia dos mesmos, bem como visa promover a autonomia com a introdução de alguma atividade experimental sem a presença do instrutor.

Procura-se ainda, em cada aula prática, levantar algumas questões cujo objetivo é motivar os estudantes para a aprendizagem dos conceitos fundamentais relacionados com a implementação laboratorial dos trabalhos práticos. Os trabalhos são realizados em grupos de dois estudantes.

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

Lectures are targeted more for illustration and deepening of knowledge than to exhaustive expositions of the whole subject. Lectures are followed with practical application examples and numerical problem solving. Each week, homework assignments (HW) are issued to encourage autonomous learning. HWs are also expected to contribute to the student's understanding of the aspects where he/she feels are the most difficult to follow by him/her, allowing the student to make a continuous correction, either autonomously or periodically accompanied.

To support the autonomous study, recitation sessions are held in an attempt to eliminate remaining difficulties and may also include the resolution of some example problems. These sessions should be interspersed with the Laboratory Practice classes. Four sessions will be held throughout the semester, each lasting two hours.

In Laboratory Practice classes, a set of Lab assignments are to be proposed, involving design/project of electronic circuits. Simulation, mounting on breadboard, and testing are all included in the process, and the problem is to be described in guide documents previously made available. The experimental component allows the student to apply the learned concepts in a concrete situation of practical realization. It enables its verification, as well as it exposes the student to the elements of uncertainty associated with any engineering implementation, calling for a critical judgment of the results. Each work also stimulates a responsible attitude, through the request of a previous preparation of the experiment, as well as it promotes autonomy, by the introduction of some experimental activity without the presence of the instructor.

In Laboratory Practice class, some questions will be raised to students that aim to motivate the learning of fundamental concepts related to practical (real) implementation of circuits, and to experimental good practices. Lab works are developed in teams of two students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Oliveira, P. G., & Santos, D. M. (2018). Eletrónica. Uma visão de projeto (1st edition), U.Porto Edições. ISBN: 978-989-746-164-4.

Sedra, A. S., & Smith, K. C. (2015). Microelectronic circuits (7th edition). Oxford Press. ISBN: 978-0-19-933913-6.

Mapa IV - Fundamentos de Processamento de Sinal

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Fundamentos de Processamento de Sinal

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Fundamentals of Signal Processing

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CFEL

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-19,5h; TP-19,5h; PL-13h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 10 turmas TP e PL.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. 10 PL and TP classes.

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

Aníbal João de Sousa Ferreira: T 19,5h (2 turma), TP 39h (10 turmas), PL 26h (10 turmas)

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

Sérgio Reis Cunha: T 19,5h (2 turma), TP 58,5h (10 turmas), PL 39h (10 turmas)

Jaime dos Santos Cardoso: TP 39h (10 turmas), PL 26h (10 turmas)

João Paulo Trigueiros da Silva Cunha: TP 58,5h (10 turmas), PL 39h (10 turmas)

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

Esta unidade curricular pretende motivar os estudantes para o domínio de conceitos fundamentais, técnicas e ferramentas de análise e projeto na área do Processamento de Sinal (PS). É dada particular ênfase aos tópicos de amostragem e reconstrução de sinal; transformada Z; projeto e realização de filtros do tipo FIR e IIR; equivalentes discretos de sistemas contínuos; Transformada Discreta de Fourier (DFT) e seu cálculo rápido através da FFT; aplicações práticas da DFT mormente em estudos de correlação e análise espectral. Neste âmbito, pretende-se também capacitar os estudantes para a resolução de problemas de processamento de sinal e motivá-los para a experimentação laboratorial através do projeto, ensaio e validação prática de soluções para desafios selecionados numa abordagem de "hands-on" e "learning-by-doing".

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

This course aims to motivate students to the fundamental concepts, techniques and tools of analysis and design in the field of Signal Processing (SP). A particular emphasis is given to specific topics, notably sampling and reconstruction of signals; the Z transform; the design and realization of FIR and IIR filters; discrete equivalents of continuous systems; the Discrete Fourier Transform (DFT) and its fast computation through the FFT; practical applications of the DFT mainly in correlation studies and spectral analysis. In this context, it is also intended to empower students to solve signal processing-related problems and to motivate them to laboratory experimentation through the design, testing and practical validation of solutions for selected challenges by following a "hands-on" and "learning-by-doing" approach.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Caracterização e representação de sinais e sistemas discretos. Sinais discretos determinísticos e aleatórios.*
- 2. Transformada de Fourier em tempo discreto. Propriedades e pares de transformadas.*
- 3. Amostragem e reconstrução de sinais. Teorema da amostragem e 'aliasing'. Processamento discreto de sinais contínuos.*
- 4. A Transformada Z. Condições de estabilidade e causalidade. Caracterização no domínio Z de sistemas discretos FIR e IIR.*
- 5. Sistema inverso, passa-tudo, sistemas de fase mínima, linear e máxima. Sistemas FIR de fase linear.*
- 6. Projeto de filtros discretos IIR e FIR e suas estruturas de realização.*
- 7. Equivalentes discretos de sistemas contínuos.*
- 8. A Transformada de Fourier Discreta (DFT) e suas propriedades periódicas.*
- 9. Cálculo da DFT através da Fast Fourier Transform (FFT).*
- 10. Aplicação da FFT na convolução FIR rápida, no cálculo da correlação e na estimação espectral.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Characterization and representation of discrete signals and systems. Deterministic and discrete random signals.*
- 2. Discrete-time Fourier Transform. Properties and transform pairs.*
- 3. Sampling and reconstruction of signals. The sampling theorem and aliasing. Discrete-time processing of continuous signals.*
- 4. The Z Transform. Causality and stability conditions. Characterization in the Z domain of FIR and IIR discrete systems.*
- 5. Inverse systems, all-pass systems, minimum-phase, linear-phase and maximum-phase systems. FIR linear-phase systems.*
- 6. Design of discrete IIR and FIR filters and their realization structures.*
- 7. Discrete equivalents of continuous systems.*
- 8. The Discrete Fourier Transform (DFT) and its periodic properties.*
- 9. The computation of the DFT using the Fast Fourier Transform (FFT).*
- 10. Application of the FFT in FIR fast-convolution, in correlation studies and in spectral estimation.*

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

Os conteúdos programáticos exprimem uma estruturação simples dos tópicos já aludidos nos objetivos de aprendizagem, a que se acrescenta um tópico (tópico 1) dedicado a revisão e enquadramento sobre sistemas discretos e sinais discretos determinísticos e aleatórios, e um outro tópico (tópico 5) relativo a caracterização no domínio da transformada Z, designadamente através do mapa de polos e zeros, das propriedades e transformações de sistemas discretos de grande importância: sistema inverso, passa-tudo, de fase mínima, linear e máxima. Os dez conteúdos elencados seguem uma sequência que potencia os conteúdos tratados anteriormente, e calendarizar-se-ão ao longo de 13 semanas de estudo através de aulas teóricas, teórico-práticas e de laboratório.

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

The syllabus expresses a simple structuring of the topics already alluded to in the learning objectives, to which a topic is added (topic 1) which is dedicated to a review and characterization of discrete systems as well as of deterministic and random discrete signals, and another topic (topic 5) which is dedicated to the characterization in the Z-transform domain, namely through a map of poles and zeros, of the properties and transformations of discrete systems of great importance: inverse system, all-pass, minimum, linear and maximum phase. The ten listed topics follow a sequence that potentiates the contents previously addressed, and will be scheduled during 13 weeks of study through theoretical, theoretical-practical and laboratory classes.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino apoia-se em aulas teóricas (1.5h/semana), aulas teórico-práticas (1.5h/semana) e aulas laboratoriais (1h/semana). As aulas teóricas envolvem a discussão e ilustração dos conteúdos programáticos e incluem, em alguns casos, um complemento em suporte de vídeo que os estudantes poderão visionar antes da aula teórica ter lugar. As aulas teórico-práticas destinam-se à resolução convencional, ou em ambiente Matlab, de exercícios representativos de aplicação dos conteúdos. As aulas laboratoriais destinam-se à realização de trabalho experimental em ambiente de laboratório usando Matlab e/ou uma plataforma de processamento digital de sinal em tempo-real. As aulas teóricas e as laboratoriais incorporam uma forma de avaliação que é combinada em 20% e 80%, respetivamente, na avaliação distribuída no final do semestre. Esta é combinada (a 40%) com a classificação de um exame final (peso 60%) para produzir a classificação final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology is based on lectures (1.5h/week), practical classes (1.5h/week) and laboratory classes (1h/week). Lectures involve the discussion and illustration of the course topics and include, in specific cases, additional video support that the students may watch before the lectures take place. The objective of practical classes is to assist students in solving conventional or Matlab-based exercises that are representative of the application of the course topics. The laboratory classes are dedicated to the development of experimental work in a laboratory environment using Matlab and/or a real-time digital signal processing platform. Lectures and laboratory classes incorporate a form of evaluation that is weighted at 20% and 80%, respectively, in the distributed evaluation at the end of the semester. In turn, this distributed evaluation grade is combined (40% weighting) with a final exam classification (60% weighting) to produce the final classification.

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

O objetivo das aulas teóricas é i) realizar uma apresentação da matéria de conhecimento, assim como uma discussão dos conteúdos recomendados em suporte de vídeo, ii) complementar essa apresentação e discussão com simulações, demonstrações e perspetivas de aplicação, consoante seja aplicável, e iii) realizar um teste ou questionário com base em várias questões de verificação com resposta múltipla. Em cada aula teórica é proposto um questionário, para resposta individual, com questões simples de compreensão. A classificação obtida no conjunto dos questionários é ponderada a 20% na classificação da avaliação distribuída, o que equivale a 1.6 valores, em 20 valores, da classificação final.

Esta abordagem nas aulas teóricas estimula, através de uma postura pró-ativa do estudante, o objetivo de aprendizagem relacionado com o domínio de conceitos fundamentais, técnicas e ferramentas de análise e projeto na área do Processamento de Sinal.

As aulas teórico-práticas, para além da elucidação sobre a resolução de exercícios representativos da aplicação dos conteúdos da unidade curricular, que poderá também ser facultada na forma de vídeos, motiva sobretudo os estudantes, numa perspetiva "learning-by-doing" e num registo proativo, a esclarecer as suas dúvidas em relação a problemas complementares que são propostos para estimular não só o domínio esclarecido da aplicação dos conteúdos, mas também o juízo crítico e a autonomia.

O objetivo das aulas de laboratório é consolidar capacidade de realização e estimular a autonomia, através de desafios "hands-on" e "learning-by-doing". Estes desafios, que podem agregar duas aulas numa só semana, incluem, designadamente, a verificação prática do fenómeno do "aliasing" espectral, a implementação e teste experimental de filtros FIR e IIR, assim como da FFT. Cada trabalho experimental é desenvolvido de acordo com um guia de procedimento com várias perguntas sobre aspetos de implementação e resultados experimentais a obter. A avaliação das respostas a estas perguntas determina 80% na classificação da avaliação distribuída, o que equivale a 6.4 valores, em 20 valores, da classificação final.

No seu conjunto, as aulas teórico-práticas e as aulas laboratoriais, dão resposta ao objetivo de aprendizagem relacionado quer com a capacidade de resolver problemas, quer com a experimentação laboratorial através do projeto, ensaio e validação prática de soluções para desafios selecionados de processamento de sinal.

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

The objective of the lectures is to: i) present the topics of the course as well as to promote a discussion of the recommended video presentations, ii) complement that presentation and discussion with simulations, demonstrations and application perspectives, as applicable, and (iii) conduct a test or questionnaire based on multiple-choice verification questions. In each lecture a questionnaire is proposed, for individual answer, with simple comprehension questions. The classification obtained in the set of questionnaires is weighted at 20% in the classification of the distributed evaluation, which is equivalent to 1.6 points, in a total of 20 points, of the final classification.

This approach in lectures stimulates, through a proactive attitude of the student, the learning outcome related to the comprehension of fundamental concepts, techniques and tools of analysis and design in the area of Signal

Processing.

Practical classes, in addition to elucidating students, possibly also in the form of videos, on how to solve exercises that are representative of the curricular unit application problems, are especially meant to motivate students, in a "learning-by-doing" perspective and according to a proactive mindset, to clarify their difficulties solving supplementary problems that are proposed not only to develop the ability to understand and solve application problems, but also to foster critical judgment and autonomy.

The objective of the laboratory classes is to consolidate realization skills and stimulate the autonomy through hands-on and learning-by-doing challenges. These challenges, which may aggregate two classes in a single week, include, in particular, the practical verification of the spectral aliasing phenomenon, the experimental implementation and testing of FIR and IIR filters, as well as of the FFT. Each experimental work is developed according to a guide comprising several questions about implementation aspects and experimental results to be obtained. The evaluation of the answers to these questions determines 80% in the classification of the distributed evaluation, which is equivalent to 6.4 points, in 20 points, of the final classification.

As a whole, practical classes and laboratory classes, respond to the learning objective related to both problem-solving and application skills in laboratory experimentation through the design, testing and practical validation of solutions to selected processing challenges.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Oppenheim, A. V., & Schafer, R.W. (2009). Discrete-Time Signal Processing. Prentice Hall.
Mitra, S. K. (2011). Digital signal processing. McGraw Hill Higher Education.
Proakis, J. G., & Manolakis, D. K. (2006). Digital Signal Processing. Pearson.*

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

Sistemas e Automação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Systems and Automation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

AUTC

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

Teóricas: 26h: Práticas Laboratoriais: 26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. Sete turmas PL.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. Seven PL classes.

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

Paulo José Lopes Machado Portugal 26h T (2 turma) + 52h PL (8 turmas)

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

Armando Jorge Miranda de Sousa 26h T (2 turma) + 52h PL (8 turma)

Mário Jorge Rodrigues de Sousa 52h PL (8 turmas)

Pedro Luís Cerqueira Gomes da Costa: 52h PL (8 turmas)

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

Ao completar esta unidade curricular o estudante deverá ser capaz de:

- A) Identificar os principais domínios de aplicação dos sistemas de automação*
- B) Explicar a arquitetura geral de um sistema automatizado*
- C) Caracterizar um sistema de eventos discretos (SED)*
- D) Interpretar, construir e verificar modelos baseados em Máquinas de Estados (ME), Grafcet (GF) e Redes de Petri (RdP)*
- E) Modelar o comportamento de sistemas de automação guiados por eventos discretos (SAED) utilizando ME, GF e RdP*
- F) Implementar, a partir de um modelo (ME, GF ou RdP), um controlador para um SAED numa plataforma genérica (microcontrolador) ou industrial (autómato)*
- G) Descrever a estrutura funcional de um autómato programável*
- H) Desenvolver aplicações de média complexidade nas linguagens SFC e ST (IEC 61131-3)*
- I) Explicar os princípios de funcionamento de diferentes tipos de sensores industriais*
- J) Selecionar sensores industriais para uma aplicação SAED*

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

Upon completion of this course the student should be able to:

- A) Identify the main application domains of automation systems*
- B) Explain the architecture of an automated system*
- C) Characterize a discrete event system (DES)*
- D) Interpret, build and verify models based on State Machines (SM), Grafcet (GF) and Petri Nets (PN)*
- E) Model the behavior of discrete event-driven automation system (DEAS) using SM, GF and PN*
- F) Implement from a model (SM, GF or PN) a controller for an DEAS on a generic (microcontroller) or industrial (PLC) platform*
- G) Describe the functional structure of a programmable logic controller (PLC)*
- H) Develop medium complexity applications using SFC and ST languages (IEC 61131-3)*
- I) Explain the operating principles of different types of industrial sensors*
- J) Select industrial sensors for a DEAS application*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

** Introdução à Automação **

1) Introdução aos sistemas de automação

- Domínios de aplicação. Tipos de indústrias, processos e sistemas de controlo.*
- Arquitetura de um sistema automatizado.*

** Métodos de Análise e Conceção de Sistemas de Automação baseados em Eventos Discretos **

2) Introdução aos sistemas de eventos discretos (SED).

- Conceitos. Propriedades.*
- Sistemas de automação guiados por eventos discretos (SAED).*

3) Modelação de SED

- Máquinas de estados (ME), Grafcet (GF) e Redes de Petri (RdP)*
- Definições. Notação. Regras de evolução.*
- Propriedades. Métodos de análise e verificação.*
- Implementação de modelos SED em plataformas de controlo*

** Tecnologias dos sistemas de automação **

4) Autómatos programáveis

- Conceito. Arquitetura. Interfaces de entrada e saída. Modelo de funcionamento.*
- Desenvolvimento de aplicações. Norma IEC 61131-3. Linguagens SFC e ST.*

5) Sensores industriais

- Princípios de funcionamento.*
- Domínios de aplicação.*

4.4.5. Syllabus:

** Introduction to Automation **

1) Introduction to automation systems

- Application domains. Types of industries, processes and control systems.*
- Architecture of an automated system.*

** Analysis and Design Methods of Discrete Event-based Automation Systems **

2) Introduction to discrete event systems (DES).

- Concepts. Properties.*
- Discrete Event-driven Automation Systems (DEAS).*

3) DES Modeling

- State Machines (SM), Grafcet (GF) and Petri Nets (PN)*
- Definitions. Notation. Rules of evolution.*
- Properties. Methods of analysis and verification.*
- Implementation of DES models in control platforms.*

** Technologies for Automation Systems **

4) Programmable logic controllers

- Concept. Architecture. Input and output interfaces. Execution model.*
- Application development. IEC 61131-3 Standard. SFC and ST languages.*

5) Industrial sensors

- *Principles of operation.*
- *Application domains.*

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

Os conteúdos programáticos foram definidos em correspondência com os objetivos da unidade curricular:

- *Os conteúdos referentes ao capítulo 1) concorrem diretamente para os objetivos A) e B).*
- *Os conteúdos referentes ao capítulo 2) concorrem diretamente para o objetivo C).*
- *Os conteúdos referentes ao capítulo 3) concorrem diretamente para o objetivo D), E) e F).*
- *Os conteúdos referentes ao capítulo 4) concorrem diretamente para os objetivos F), G) e H)*
- *Os conteúdos referentes ao capítulo 5) concorrem diretamente para os objetivos I) e J).*

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

The syllabus was defined in correspondence with the objectives of the course:

- *The contents of chapter 1) contribute directly to objectives A) and B).*
- *The contents of chapter 2) contribute directly to objective C).*
- *The contents of chapter 3) contribute directly to objective D), E) and F).*
- *The contents of chapter 4) contribute directly to objectives F), G) and H)*
- *The contents of chapter 5) contribute directly to objectives I) and J).*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- *Aulas T: exposição dos assuntos a tratar, acompanhados de exemplos práticos ilustrativos.*
- *Aulas PL: problemas de modelação de SED utilizando ME, GF e RdP. Realização de 3 trabalhos laboratoriais, por grupos de 2 estudantes, onde se pretende modelar e validar controladores para SAED utilizando Máquinas de Estados, Grafcet e Redes de Petri, com implementação em microcontroladores e autómatos programáveis.*

Tipo de avaliação: avaliação distribuída com exame final.

Classificação final: $CF = 0.30 \times EX + 0.20 \times MT + 0.50 \times TB$

EX : Exame

MT : Mini-teste, versando modelação de um SAED utilizando ME, GF ou RdP

TB: Trabalhos Laboratoriais

A aprovação está sujeita à classificação mínima de 7 valores em todas as componentes (EF, MT, TB). Coerência entre a classificação de grupo e individual: a nota da parte laboratorial (TB) não poderá ser 5 (cinco) valores superiores à classificação na parte teórica (EF+MT). O contrário não se aplica.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

- *T classes: lectures for exposition of the syllabus, with discussion of illustrative examples.*
- *PL classes: DES modeling problems, using SM, GF and PN. Realization of 3 laboratory assignments, by groups of 2 students, to model and validate controllers for DEAS using State Machines, Grafcet and Petri Nets, with implementation in microcontrollers and programmable logic controllers.*

Assessment type: distributed with final exam.

Final grade: $FG = 0.30 \times EX + 0.20 \times MT + 0.50 \times TB$

EX: Exam

MT: Mini-test, DEAS modelling problem using SM, GF or PN

TB: Laboratory assignments

Approval is subject to a minimum grade of 7 on all components (EX, MT, TB). Consistency between group and individual grade: the lab grade (TB) cannot be 5 (five) higher than the theoretical grade (EX + MT). The opposite does not apply.

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

Esta unidade curricular tem como objetivo dotar os estudantes de competências ao nível da análise, conceção e desenvolvimento de controladores para sistemas de automação baseados em eventos discretos de baixa / média complexidade. Com esse objetivo estudam-se metodologias de análise e síntese de sistemas de eventos discretos, na forma de controladores, com implementação em dispositivos genéricos ou industriais e respetivas interfaces de E/S com o processo controlado.

Para o efeito, o programa está estruturado em 3 secções:

- *Introdução à automação*
- *Métodos de análise e conceção de sistemas de automação baseados em eventos discretos*
- *Tecnologias dos sistemas de automação*

Os objetivos de aprendizagem A), B), C), D), G), I) e J) serão alcançados sobretudo através aulas teóricas e estudo feito fora das aulas pelo estudante. Nas aulas teóricas são expostos assuntos a tratar, acompanhados de exemplos práticos ilustrativos, seguidos de períodos de discussão relacionados com os tópicos apresentados, normalmente feitos em torno de questões colocadas pelo docente. Os exemplos que vão sendo apresentados nas aulas teóricas garantem que os conceitos mais importantes ficam consolidados formalmente.

O objetivo de aprendizagem E) será alcançado sobretudo nas aulas páticas através da resolução de problemas de modelação.

Os objetivos de aprendizagem F) e H) são alcançados sobretudo nas aulas práticas através da realização de 3 trabalhos. No primeiro trabalho, pretende-se modelar um controlador para um SAED utilizando máquinas de estados e implementa-lo num microcontrolador. O segundo trabalho, compreende o mesmo sistema e objetivos do trabalho 1,

mas agora utilizando Grafcet com uma implementação num autómato programável. O terceiro trabalho, compreende o mesmo sistema e objetivos do trabalho 2 mas agora utilizando Redes de Petri.

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

This course aims to provide students with skills in analysis, design and development of controllers for low / medium complexity discrete event-based automation systems. For this purpose, are studied methodologies for analysis and synthesis of discrete event systems, in the form of controllers, with implementation in generic or industrial platforms and their I/O interfaces with the controlled process.

For this purpose, the program is structured in 3 sections:

- *Introduction to automation*
- *Analysis and design methods of discrete even based automation systems*
- *Technologies for automation systems*

Learning objectives A), B), C), D), G), I) and J) will be achieved mainly through lectures and out-of-class study by the student. Theoretical classes are for exposition of the syllabus with discussion of illustrative examples, followed by discussion periods related to the topics, usually made around questions posed by the teacher. The examples presented in the lectures ensure that the most important concepts are formally consolidated.

Learning objective E) will be achieved mainly in practical (PL) classes through the resolution of modeling problems.

Learning objectives F) and H) are achieved mainly in practical classes through 3 laboratory assignments. In the first assignment, it is proposed to model a controller for an DEAS using state machines implemented in a microcontroller. The second work comprises the same system and objectives of the 1st assignment but now using Grafcet with an implementation on a programmable logic controller. The third work comprises the same system and objectives of the 2nd assignment but now using Petri Nets.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Cassandras, C., & Lafortune, A. (2008). Introduction to Discrete Event Systems. Springer
David, R., & Alla, H. (1992). Petri Nets and Grafcet: Tools for Modelling Discrete Event Systems. Prentice Hall
Hrúz, B., & Zhou, M. C. (2007). Modeling and Control of Discrete-event Dynamic Systems with Petri Nets and Other Tool. Springer
Hanssen, D. (2015). Programmable Logic Controllers – A practical approach to IEC-611313 using Codesys. Wiley
Groover, M. (2014). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing (4th edition). Pearson

Mapa IV - Sistemas Elétricos de Baixa Tensão

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas Elétricos de Baixa Tensão

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Low Voltage Electrical Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EN

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-26h: PL-26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

T partilhadas (2 módulos). As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. 8 turmas PL.

4.4.1.7. Observations:

Shared T (2 modules). The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. Eight PL classes.

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

José Eduardo Roque Neves dos Santos: T: 26 h (2 turma), PL: 78h (8 turmas)

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

José Rui da Rocha Pinto Ferreira: T-26 h (2 turma); PL-78 h (8 turmas)

Maria Helena Osório Pestana de Vasconcelos: PL-52h (8 turmas)

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

Os estudantes deverão ser capazes de:

Demonstrar conhecimentos básicos sobre sistemas elétricos de baixa e média tensão.

Calcular curto-circuitos com recurso ao modelo de Thévenin

Descrever as características e princípios de funcionamento da aparelhagem de corte e proteção elétrica de baixa tensão e média tensão

Interpretar e reproduzir esquemas elétricos de instalações simples de baixa tensão e postos de transformação

Conhecer e aplicar regras de segurança de pessoas.

Dimensionar e proteger instalações elétricas simples.

Analisar os aspetos económicos e técnicos relativos à produção de eletricidade em BT.

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

The students should be able to:

Demonstrate basic knowledge about electricity systems of LV and MV

Perform short-circuit calculations following the Thévenin model

Describe the characteristics and operating principles of switching apparatus and protection devices for LV and MV use

Interpret and reproduce electrical diagrams of basic LV installations and secondary stations

Know and apply safety rules for persons' protection

Design basic electric installations

Analyze the economic and technical aspects associated to LV generation

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Estrutura típica e constituição de redes de distribuição BT, redes industriais, instalações coletivas, quadros e instalações de utilização. Noções introdutórias sobre a constituição de cabos elétricos isolados. Aparelhagem de corte, proteção e comando em BT e MT. Cálculo simplificado de curto-circuitos baseados no equivalente de Thévenin. Dimensionamento e proteção de canalizações elétricas. Proteção de pessoas em instalações elétricas. Proteção contra sobretensões. Correção de Fator de Potência. Noções Básicas sobre sistemas de gestão de energia em edifícios e habitações (HEMS) e aspetos relativos à produção de eletricidade em BT. Estabelecimento e medição de redes de terra.

4.4.5. Syllabus:

Typical structure and constitution of low voltage distribution networks, industrial networks, building installations, panels and utilization installations. Switching, protection and control devices at LV and MV. Short-circuit simplified calculations based on the Thévenin model. Design and protection of electrical wiring. People protection in electrical facilities. Surge protection. Load factor compensation. Basic notions of Home Energy Management Systems (HEMS) and aspects related to electricity generation at low voltage. Settlement and measurement of earthing networks.

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

Os conteúdos programáticos fornecem as bases teóricas e práticas para a aquisição das competências indicadas em 4.4.4. em relação aos tópicos respetivos, sendo a ênfase sempre dada à operacionalização dos conteúdos no sentido da construção de competências. Alguns conteúdos técnicos conduzem diretamente a competências, enquanto que noutros casos a competência é desenvolvida pela interiorização pelos estudantes de conceitos, regras e modelos matemáticos que fazem parte dos conteúdos.

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

The syllabus provides the theoretical and practical fundaments for the acquisition of the competences mentioned in 4.4.4. with relation to the corresponding topics, with an emphasis on the operationalization of the syllabus in building competences. Some technical parts of the syllabus lead directly to competences, while in other cases the competence grows by the internalization by the students of concepts, rules and mathematical models belonging to the syllabus.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas Teóricas: Utilização de slides que são disponibilizados aos estudantes como material de estudo. Ilustração da exposição com a visualização dos equipamentos.

Práticas Laboratoriais: Resolução de problemas práticos, construção de esquemas elétricos, montagem de pequenos circuitos.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída sem exame final: 5 trabalhos individuais a realizar nas práticas laboratoriais em aulas pré-definidas.

Fórmula de avaliação: NOTA_FINAL = média dos 5 trabalhos individuais

Prova de substituição: para os estudantes com menos de 3 trabalhos em falta, substitui os trabalhos em falta

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes: utilization of slides that are provided to the students as course materials. Complementary presentation of related devices.

Laboratorial classes: Practical problem solving, design of electric diagrams, mount of small circuits.

Evaluation: Distributed without a final exam: 5 individual assignments produced in the laboratorial classes, with a predefined schedule.

Evaluation formula FINAL_SCORE= average score of the 5 assignments

Replacement sub-exam: available to students less than 3 missing assignments, replaces the scores of the missing assignments

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

As aulas teóricas são dedicadas ao tratamento conceptual da matéria, incluindo exemplos sempre que necessário e contextualizando os trabalhos. Estes constituem uma progressão lógica destinada a reforçar mutuamente conhecimentos teóricos e aplicação prática, em que os objetivos de aprendizagem são diretamente transferidos para os objetivos dos trabalhos. O facto de serem realizados individualmente reforça a iniciativa individual dos estudantes. Para além da ênfase na experimentação pelo estudante, a deslocação da avaliação para as aulas PL, com desafios aos estudantes que requerem a aplicação das competências adquiridas durante a UC, garante a coerência pretendida.

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

Theoretical lectures are dedicated to the conceptual treatment of the subject, including examples whenever necessary and contextualizing the work. These constitute a logical progression aimed at the mutual reinforcement of theoretical knowledge and practical applications, in which the learning objectives are directly transferred to the objectives of the work. The fact that project works are carried out individually reinforces the individual initiative of the students. Besides the emphasis in experimentation by the student, the transfer of the evaluation to the laboratorial classes, with challenges to the students that require the application of the competences acquired during the CU, guarantee the required coherence.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Yazdani, A. (2018). Modern Distribution Systems with PSCAD Analysis. Boca Raton: CRC Press

"RTIEBT- Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão, 1ª Edição Anotada", Certiel / DGGE, 2006

Mapa IV - Conversão de Energia

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Conversão de Energia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Energy Conversion

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

AUTC

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-26h: PL-26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. Oito turmas PL.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. Eight PL classes.

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

António José de Pina Martins: T-26h (2 turma), PL-52h (8 turmas)

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

Carlos João Rodrigues da Costa Ramos: PL-78h (8 turmas)

Rui Manuel Esteves Araújo: T-26 (2 turma), PL-78h (8 turmas)

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

No final da UC de Conversão de Energia, os estudantes devem ser capazes de identificar e caracterizar as principais fontes de energia elétrica, de baixa e média potência, comuns no domínio da EEC.

Deverão, também, estar aptos a definir e parametrizar o modelo elétrico destas fontes de energia, e a analisar a sua operação em função de parâmetros fundamentais de funcionamento: variações na entrada e na saída. Deverão ser capazes de identificar, comparar e selecionar uma cadeia de condicionamento, baseada em conversores eletrónicos de potência, para cada fonte de energia.

Deverão ter adquirido competências que lhes permitam elaborar um modelo completo, de média complexidade, de um sistema que condicione estas fontes de energia, que opere em malha fechada cumprindo requisitos simples e que possa ser usado numa ferramenta de simulação.

Os estudantes deverão ter adquirido experiência laboratorial no domínio da UC e de análise crítica de resultados de simulação e de operação e

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

At the end of the Energy Conversion course, students should be able to identify and characterize the main energy sources of low- and medium-power, common in the ECE field.

They should also be able to define and parameterize the electric model of these energy sources, as well as to analyze their operation according to fundamental parameters of operation: variations of the input and output. They should be able to identify, compare and select a conditioning chain, based on electronic power converters, for each power source.

They should have acquired competences that enable them to develop a complete, medium-complexity model of a system that conditions these energy sources and that operates in closed loop, fulfilling simple requirements and implementable in a specific simulation tool.

Students should have acquired competencies of laboratory experience in the field of studies and be able to critically differentiate results from models and operation in real environment.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução às fontes de energia convencionais e renováveis relevantes em EEC.

Rede elétrica. Baterias. Células de combustível. Energia solar fotovoltaica. Energia eólica.

Modelos elétricos das fontes energéticas. Identificação e análise qualitativa da interface eletrónica apropriada a cada fonte/modelo.

2. Os conversores eletrónicos de potência associados à conversão de energia.

Semicondutores de potência e circuitos de comando. Díodos, transístores MOSFET e IGBT, tirístores. Novas tecnologias de semicondutores de potência.

Conceitos base e princípio de funcionamento dos conversores eletrónicos de potência. Métodos de análise de circuitos comutados.

Análise do funcionamento da conversão CC/CC e CC/CA em malha aberta. Introdução à conversão CA/CC.

3. Fundamentos do projeto de sistemas de controlo de conversores.

Modelação matemática de conversores eletrónicos.

Revisão das características e do projeto de controladores simples.

Controlo em malha fechada de conversores e

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction to conventional and renewable energy sources relevant in EEC.

Conventional power grid. Fuel cells. Batteries. Photovoltaic solar energy. Wind energy.

Electrical models of energy sources.

Identification and qualitative analysis of the electronic interface appropriate to each source / model.

2. The power electronics converters associated with energy conversion.

The electronic power switches and their control and protection circuits. Diodes, MOSFET and IGBT transistors, thyristors. New technologies of power semiconductors.

The basic concepts and operating principles of power electronic converters. Methods of analysis of switched circuits.

Analysis of the operation of DC / DC and AC / DC conversion in open-loop. Introduction to AC / DC conversion.

3. Fundamentals of design of converter control systems.

Mathematical modeling of electronic converters.

Revision of the characteristics and design of simple controllers.

Closed-loop control of power electronic conv

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

A caracterização essencial das fontes energéticas convencionais e renováveis e a apresentação dos respetivos modelos elétricos permite que os Estudantes fiquem aptos a deduzir e implementar os respetivos modelos de simulação.

De seguida, são introduzidos os conceitos de conversão eletrónica de potência e os conversores associados.

Prossegue-se com o estudo das características de funcionamento de diferentes topologias de conversão, o que garantirá aos Estudantes a capacidade de definir os conversores adequados a cada uma das transformações energéticas. O estudo de métodos de análise de circuitos comutados fornece competências para definir diferentes modelos de simulação em malha aberta.

A revisão das características dos controladores mais comuns e dos respetivos métodos de projeto são a base para que os Estudantes sejam capazes de projetar um sistema de controlo em malha fechada, para os conversores estudados, com o auxílio de software dedicado (MATLAB/Simulink, PSIM

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

The essential characterization of conventional and renewable energy sources and the presentation of their electrical models enables students to be able to deduce and implement their simulation models.

Next, the concepts of electronic power conversion and associated converters are introduced. We continue to study the operating characteristics of different conversion topologies, which will guarantee students the ability to define the appropriate converters for each of the energy transformations. Studying switched circuit analysis methods provides skills for defining different open loop simulation models.

Reviewing the characteristics of the most common controllers and their design methods is the basis for students to be able to design a closed loop control system for the studied converters with the aid of dedicated software (MATLAB / Simulink, PSIM or similar).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino inclui aulas teóricas e aulas práticas/laboratoriais (PL). As aulas teóricas focam as matérias a tratar, utilizando aprendizagem ativa, com exemplos de aplicação e projeto de casos de estudo típicos. Procura-se, em algumas aulas, deixar aos Estudantes trabalhos de casa que visam o incentivo ao autoestudo, o estímulo à aprendizagem e a autoavaliação.

Nas aulas PL é efetuado o projeto e a simulação de sistemas analisados nas aulas teóricas, bem como a realização de trabalhos experimentais. Algumas aulas incluirão avaliação de parte das competências a adquirir na Unidade Curricular.

A nota final da UC é feita pela média pesada associada a:

- 1. Componente prática (peso de 50 %), associada à participação e desempenho nas aulas PL.*
- 2. Exame final (peso de 50 %).*

A frequência das aulas práticas é obrigatória e sujeita ao regulamento aplicável.

O acesso ao exame final exige uma classificação mínima na componente prática.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology includes lectures and practical / laboratory (PL) classes. Theoretical classes focus on the subjects to be treated, using active learning, with examples of application and design of typical case studies. In some classes, students are expected to leave homework aimed at encouraging self-study, stimulating learning and self-assessment.

In PL classes it is done the design and simulation of systems analyzed in the theoretical classes, as well as the realization of experimental works. Some classes will include assessment of part of the skills to be acquired in the course.

The final grade of the course is made by the weighted average associated with:

- 1. Practical component (50% weight), associated with participation and performance in PL classes.*
- 2. Final exam (50% weight).*

The frequency of practical classes is compulsory and subject to the applicable regulation.

Access to the final exam requires a minimum grade in the practical component.

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

As aulas teóricas de exposição permitem que os estudantes tomem contacto, conheçam e discutam as propriedades fundamentais de um conjunto diversificado de fontes de energia, e a forma de as ligar a conversores eletrónicos de potência. Estes conversores, bem como os dispositivos semicondutores que os constituem são, igualmente, objeto de análise de funcionamento e de caracterização paramétrica. Os modelos elétricos das fontes e dos conversores, apropriados a serem utilizados em software de simulação específico são, igualmente, apresentados e discutidos nas aulas expositivas. Também a revisão e aplicação de métodos de projeto de controladores são incluídas nesta tipologia de aulas. Ainda, nestas aulas é feita a apresentação, a análise e a discussão de exemplos práticos, o que permite tomar contacto com uma realidade concreta, de características não exclusivamente académicas e focando as principais diferenças entre conceitos, modelos e realização física. Adicionalmente, a resolução de alguns trabalhos propostos para serem feitos em casa, permite fornecer aos estudantes informação relativa ao seu progresso e capacidade de acompanhamento das matérias lecionadas.

Nas aulas práticas coexistem diferentes tipos de aula, com objetivos distintos: análise da cadeia de condicionamento (fonte de energia, topologia de conversor, carga); modelação e simulação de subsistemas ou do sistema completo; e experimentação. O primeiro tipo de aulas tem carácter individual, onde o estudante deve acompanhar e participar na resolução das questões propostas para análise, enquanto nos restantes o trabalho é realizado em grupo de dois elementos.

Nas aulas onde são tratados os aspetos de modelação e simulação, os trabalhos decorrem em grupo. Este tipo de trabalho permite treinar a capacidade de analisar, modelar e simular sistemas de conversão estática de energia e métodos de controlo, bem como a testar a criatividade na formulação de hipóteses de soluções.

Os trabalhos experimentais são mais exigentes, e também são feitos em grupo. Este tipo de trabalho exige conhecimentos específicos relativos à realidade concreta das fontes de energia, dos semicondutores e conversores e das suas propriedades. Treina e fornece competências nos domínios da utilização de equipamento laboratorial, do

planeamento de experiências, da recolha e tratamento de dados e do relato de experiências. Exige capacidade de trabalho em grupo e de coordenação, bem como do planeamento de atividades.

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

Theoretical/exposition classes allow students to contact, learn and discuss the fundamental properties of a diverse set of energy/power sources, and how to connect them to electronic power converters. These converters, as well as the semiconductor devices that constitute them, are also the object of functional analysis and parametric characterization. Electrical models of sources and converters, suitable for use in specific simulation software are also presented and discussed in lectures. Also, the review and application of controller design methods are included in this class typology. Furthermore, in these classes the presentation, analysis and discussion of practical examples are made, which allows contact with a concrete reality, not exclusively academic characteristics and focusing on the main differences between concepts, models and physical implementation. In addition, the resolution of some homework assignments provides students with information on their progress and ability to follow up on the subjects taught. In practical/laboratory classes, different types of classes coexist, with different objectives: analysis of the conditioning chain (energy source, converter topology, load); modeling and simulation of subsystems or the complete system; and experimentation. The first type of class is individual, where the student must accompany and participate in the resolution of the questions proposed for analysis, while in the others the work is done in groups of two elements. In classes where the aspects of modeling and simulation are treated, the work takes place in groups. This type of work enables the ability to analyze, model and simulate static energy conversion systems and control methods, as well as to test creativity in formulating solution hypotheses.

Experimental works are more demanding, and are also done in groups. This type of work requires specific knowledge concerning the physical reality of energy sources, semiconductors and converters and their properties. It trains and provides skills in the use of laboratory equipment, experiment planning, data collection and processing, and experience reporting. Requires teamwork and coordination skills as well as activity planning.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Fuchs, E., & Masoum, M. (2011). Power Conversion of Renewable Energy Systems. New York, USA: Springer.

Mohan, N. (2012). Power Electronics. A First Course. Hoboken, USA: John Wiley & Sons.

Simões, M., & Farret, F. (2017). Modeling Power Electronics and Interfacing Energy Conversion Systems. Hoboken, USA: Wiley-IEEE Press.

Sumathi, S., Kumar, L., & Surekha, P. (2015). Solar PV and Wind Energy Conversion Systems. New York, USA: Springer.

Mapa IV - Instrumentação e Medição

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Instrumentação e Medição

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Instrumentation and Measurement

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EL-SD

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T 26h; PL 26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. Oito turmas PL.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students Eight PL classes.

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

Diamantino Rui da Silva Freitas: T-26h (2 turma), PL-52h (8 turmas)

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

Miguel Fernando Paiva Velhote Correia: T-26h (2 turma), PL-78h (8 turmas)

Paulo José Cerqueira Gomes da Costa: PL-78h (8 turmas)

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

Tendo em vista a problemática da realização de medições de qualidade controlada e o projeto e implementação de circuitos e instrumentos elétricos e eletrónicos de captura e processamento de sinais e grandezas diversos, procurar-se á que no final os estudantes tenham adquirido compreensão e informação sobre:

- a) a caracterização de sinais e grandezas, os conceitos e princípios da medição, a utilização e o desenho dos respetivos instrumentos e sistemas;*
- b) dispositivos sensores e os módulos destinados ao condicionamento e processamento analógico do respetivo sinal e sua conversão para a representação digital;*
- c) os tipos de erros e incertezas da medição e as respetivas causas, a sua quantificação experimental e teórica e a quantificação dos efeitos do ruído e respetiva redução;*
- e competências para:*
- d) produzir uma estimativa da incerteza da medição;*
- e) utilizar, analisar e desenhar instrumentos eletrónicos diversos; e sistemas de aquisição de dados e de instrumentação virtual.*

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

In view of the problem of conducting quality-controlled measurements and the design and implementation of electrical and electronic signal capture and processing circuits and instruments, students will be expected to gain understanding and information about :

- (a) the characterization of signals and quantities, the concepts and principles of measurement, the use and design of the respective instruments and systems;*
- b) sensor devices and modules for the conditioning and analogue processing of the respective signal and its conversion to digital representation;*
- c) the types of measurement errors and uncertainties and their causes, their experimental and theoretical quantification and the quantification of noise effects and their reduction;*
- and skills for:*
- d) producing an estimate of measurement uncertainty;*
- e) using, analysing and designing various electronic instruments; and data acquisition and virtual instrumentation systems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1 - Qualidade da medição: grandezas e unidades do SI; caracterização de sinais e da qualidade de medição de grandezas elétricas; erros e incertezas de medição e sua quantificação; calibração; normas; ruído e interferência em medições;*
- 2 – Sensores E princípios de transdução e medição de grandezas elétricas e não-elétricas, e de sinais determinísticos e aleatórios;*
- 3 – Cadeia de aquisição de sinal: circuitos de amostragem, filtros ativos e passivos, amplificação e processamento, e conversores A/D e D/A;*
- 4 – Circuitos, instrumentos, técnicas de medição de grandezas elétricas e não elétricas, e cálculo de parâmetros de caracterização de sinais. Implementações nos domínios do tempo e das frequências;*
- 5 – Fontes de ruído em cadeias de medição. Análise e condicionamento de ruído em circuitos eletrónicos;*
- 6 – Instrumentação virtual: Cartas de aquisição de dados, instrumentação modular, normas (SCPI, VXI, série), sistemas de teste, exemplos de processamento digital de sinal.*

4.4.5. Syllabus:

- 1 - Quality of measurement: SI quantities and units; signal characterization and the measurement quality of electrical quantities; measurement errors and uncertainties and their quantification; calibration; standards; noise and interference in measurements;*
- 2 - Sensors and principles of transduction and measurement of electrical and non-electrical quantities, and deterministic and random signals;*
- 3 - Signal acquisition chain: sampling circuits, active and passive filters, amplification and processing, and A/D and D/A converters;*
- 4 - Circuits, instruments, techniques for measuring electrical and non-electrical quantities, and calculation of signal characterization parameters. Time and frequency implementations;*
- 5 - Noise sources in measurement chains. Noise analysis and conditioning in electronic circuits;*
- 6 - Virtual Instrumentation: Data acquisition charts, modular instrumentation, standards (SCPI, VXI, series), test systems, examples of digital signal processing.*

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

Tendo os estudantes já adquirido conhecimentos em circuitos analógicos e digitais e alguma experiência laboratorial de realização de medições e utilização de instrumentação eletrónica de bancada, os conteúdos desta unidade curricular permitem consolidar o conhecimento formal e o saber-fazer no domínio caracterização das grandezas e sinais, da sensorização e transdução de grandezas, e na aquisição e processamento de sinais no contexto da medição, nos domínios analógico e digital. Tal é feito tendo presentes os erros e incertezas dos processos de medição

e características específicas e não-idealidades dos circuitos usados na realização de instrumentos, clássicos e baseados em instrumentação virtual.

Consequentemente estão também reunidas as condições para que o estudante possa aplicar estes conhecimentos em outros tipos de cadeias de processamento de sinal e aplicações específicas, tais como em comunicações, automação industrial, e sistemas de monitorização e controlo de energia.

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

As students have already acquired knowledge in analog and digital circuits and some laboratory experience in measuring and using benchtop electronic instrumentation, the contents of this course enables the consolidation of formal knowledge and expertise in the field of characterization of quantities and signals. sensing and transduction of quantities, and the acquisition and processing of signals in the context of measurement in the analog and digital domains. This is done keeping in mind the errors and uncertainties of the measurement processes and specific characteristics and non-idealities of the circuits used in the realization of instruments, classical and based on virtual instrumentation.

Consequently, the conditions are also met for the student to apply this knowledge to other types of signal processing chains and specific applications, such as communications, industrial automation, and energy monitoring and control systems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Motivação por apresentação de casos, exposição de conceitos teóricos seguida de aplicação de consolidação da aprendizagem. Aprendizagem baseada em estudo orientado, realização de trabalhos laboratoriais, de um projeto e pesquisa bibliográfica.

Aulas teórico-práticas: apresentação de matérias teóricas, discussão e resolução de casos de estudo.

Aulas laboratoriais: 4 trabalhos (grupos de 2 alunos) de caráter tutorial experimental e 1 um projeto, intercalados com as aulas TP. A avaliação (CPL) abrange os relatórios, a qualidade da atividade realizada, e a assiduidade.

Avaliação: componente de diagnóstico e formativa, grupos de problemas a resolver; componente sumativa consistindo em 1 teste (CTF) e 1 exame (CEX) incluindo questões sobre a atividade laboratorial.

Classificação final dada por $CF = 0,4 \times CPL + 0,3 \times CTF + 0,3 \times CEX$, com classificações mínimas de, respetivamente, 10, 8,5 e 8,5.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Motivation by case presentation, exposition of theoretical concepts followed by application of learning consolidation.

Learning based on oriented study, laboratory work, project and bibliographic research. Theoretical-practical classes: presentation of theoretical subjects, discussion and resolution of case studies. Laboratory classes: 4 works (groups of 2 students) of experimental tutorial and 1 project, interspersed with TP classes. The assessment (CPL) covers reporting, quality of activity performed, and attendance. Assessment: diagnostic and training component, groups of problems to solve; summative component consisting of 1 test (CTF) and 1 exam (CEX) including questions on laboratory activity. Final grade given by $CF = 0.4 \times CPL + 0.3 \times CTF + 0.3 \times CEX$, with minimum grades of respectively 10, 8.5 and 8.5 (out of 20).

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

O decorrer das aulas procura harmonizar as metodologias de ensino com os objetivos da UC. Trata-se de uma UC com um caráter essencialmente de aplicação, isto é, onde a aprendizagem tem em vista conciliar o porquê da pertinência das matérias, com o executar, avaliar e decidir, fomentando a integração de saberes.

Com a apresentação teórica de informação e de conhecimentos científicos e técnicos previstos no programa, feita com motivação no início de cada parte da matéria, procurar-se-á também estabelecer relações com outros tópicos e técnicas tratadas em aulas anteriores ou noutras Ucs contribuindo assim para reforçar a motivação. Nestas sessões pretende-se-á desenvolver as competências dos alunos e sensibilizá-los para a importância da medição e da instrumentação na prática da engenharia, tanto em termos da utilização dos instrumentos como no desenvolvimento de circuitos de instrumentação. Considera-se que se conseguirá assim um melhor enquadramento e também maior facilidade na perceção dos objetivos previstos.

Tendo os conteúdos um caráter predominantemente prático, nas aulas teórico-práticas serão realizados exercícios e analisados casos concretos de modo a sedimentar técnicas e metodologias de abordagem aos diversos tópicos – tem-se em vista fomentar o aprender fazendo, considerando alternativas e tomando decisões face a compromissos dados por diferentes soluções.

Para este fim contribuirão também de modo ainda mais concreto a realização dos trabalhos práticos e do projeto final. Os primeiros por via das condições reais encontradas em laboratório na execução de medições, na implementação dos circuitos, e na utilização dos instrumentos de medição, proporcionando novas dimensões de compreensão e a aplicação dos tópicos estudados. O segundo permitirá apelar à consideração, por parte do estudante e de forma autónoma, de diferentes recursos e componentes de um projeto, suas inter-relações e compromissos, aplicando os conceitos e metodologias estudados nesta e noutras unidades curriculares.

A realização dos trabalhos e projeto em grupo aporta as vantagens de partilha de conhecimentos, a procura de informação adicional, e a gestão do trabalho entre os elementos do grupo. A posterior apresentação e defesa contribuirão objetivamente para o reforço da capacidade de análise e de discussão por parte dos estudantes.

A metodologia de avaliação proposta promove o acompanhamento e a assimilação regular dos conteúdos pelos estudantes, assim como a verificação de uma boa coerência entre os resultados apresentados e as classificações atribuídas.

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

The course seeks to harmonize teaching methodologies with the objectives of the course. It is an application-oriented curricular unit, that is, where learning aims to reconcile the relevance of the subjects with execution, evaluation and

decision, fostering the integration of knowledge.

With the theoretical presentation of information and scientific and technical knowledge provided in the program, made with motivation at the beginning of each part of the subject, we will also seek to establish relationships with other topics and techniques dealt with in previous classes or other curricular units, thus contributing to strengthen motivation. These sessions will aim to develop students' skills and make them aware of the importance of measurement and instrumentation in engineering practice, in terms of both instrument use and the development of instrumentation circuits. It is considered that this will achieve a better framework and an easier understanding of the intended objectives.

With the contents having a predominantly practical character, in practical classes the students will solve problems and analyse concrete cases in order to solidify the techniques and methodologies used to approach the various topics - aims to foster learning by doing, considering alternatives and making decisions in the face of compromises made by different solutions.

To this end, the practical work and the final project will contribute even more concretely. The first through the actual conditions found in the laboratory in the execution of measurements, the implementation of circuits, and the use of measuring instruments, providing new dimensions of understanding and application of the topics studied. The second will make it possible to appeal to the student's ability to consider autonomously the different resources and components of a project, their interrelationships and compromises, applying the concepts and methodologies studied in this and other curricular units.

Performing group work and projects brings the advantages of knowledge sharing, the search for additional information, and work management among group members. Subsequent presentation and defence will contribute objectively to the reinforcement of the students' capacity for analysis and discussion.

The proposed evaluation methodology promotes the monitoring and regular assimilation of the contents by the students, as well as the verification of a good coherence between the presented results and the assigned ratings.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Northrop, R. B. (2017). Introduction to Instrumentation and Measurements (3rd ed). CRC Press.

Campilho, A. (2013) Instrumentação electrónica: Métodos e técnicas de medição (2ª ed). FEUP Edições.

Mapa IV - Comunicações de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Comunicações de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Communications

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

TEL

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-26h: PL-26h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

As aulas teóricas decorrerão em 2 turnos, por indisponibilidade de salas com capacidade para todos os estudantes. Oito turmas PL.

4.4.1.7. Observations:

The theoretical classes will be divided into two sections because of the unavailability of classroom for all the students. Eight PL classes.

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

Manuel Alberto Pereira Ricardo PL-52h (8 turmas)

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

Ricardo dos Santos Morla: T 26h (2 turmas)
 Ana Cristina Costa Aguiar T26h (2 turmas), PL 78h (8 turmas)
 José Nuno Teixeira de Almeida: PL 78h (8 turmas)

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

Comunicações de Dados (CD) é a unidade curricular que introduz os estudantes no domínio das redes de comunicações. Os conceitos fundamentais de CD são: canais de comunicação e controlo da ligação de dados, modelos de erro e atraso, comunicações multi-acesso, encaminhamento, controlo de fluxo e controlo de congestionamento. As principais tecnologias discutidas são a Ethernet comutada, a Wireless LAN 802.11, a Internet e a pilha de comunicações TCP/IP. As implementações e projetos a desenvolver incluem um protocolo de ligação de dados com controlo de fluxo, uma aplicação a funcionar em modo cliente, a configuração e teste de redes Ethernet e IP, e análise de tráfego.

Depois de ter frequentado CD o estudante deverá ser capaz de: a) perceber e explicar os conceitos fundamentais das redes de comunicações; b) escolher, comparar ou empregar as tecnologias de redes de comunicações atuais; c) implementar, configurar e testar mecanismos e componentes essenciais de uma rede de comunicações.

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

Data Communications (DC) is the curricular unit that introduces students to the knowledge domain of communication networks. The fundamental concepts addressed in DC include the following: communication channels and data link control, error and delay models, multi-access communications, routing, flow control and congestion control. The key technologies discussed in DC are switched Ethernet, 802.11 Wireless LAN, the Internet, and the TCP / IP communications stack. The projects developed by students include a flow-control protocol, a client application, Ethernet and IP network configuration and testing, and traffic analysis.

After attending DC the students should be able to: a) understand and explain the fundamental concepts of communication networks; b) choose, compare or employ current communications network technologies; c) implement, configure and test mechanisms and essential components of a communications network.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Arquitetura de comunicações de dados: tipos de aplicações, fluxos de tráfego, tipos de redes, modelo de comunicações em camadas, modelo de referência OSI.*

2. *Transmissão digital: fundamentos de comunicações de dados, transmissão em banda base, transmissão em passa banda, modulações digitais, multiplexagem, meios de transmissão guiados, transmissão sem fios.*

3. *Ligação de dados: tramas, deteção e correção de erros, mecanismos de repetição automática.*

4. *Acesso a meios partilhados: reserva de recursos, protocolos de acesso ao meio, Ethernet comutada, Wireless LAN.*

5. *Redes de comunicações: conceito de rede, técnicas fundamentais de encaminhamento de dados, modelo de referência TCP/IP, protocolo Internet.*

6. *Transporte de dados: controlo de fluxo, controlo de congestionamento, UDP, TCP, sockets.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Data communications architecture: types of applications, traffic flows, types of network, layered communications model, OSI reference model.*

2. *Digital transmission: fundamentals of data communications, baseband transmission, bandpass transmission, digital modulations, multiplexing, guided transmission media, wireless transmission.*

3. *Data link: frames, error detection and correction, automatic repeat request mechanisms.*

4. *Medium access control: resource reservation, media access control protocols, switched Ethernet, Wireless LAN.*

5. *Communications networks: concept of a network, fundamental routing techniques, reference model TCP/IP, Internet protocol.*

6. *End-to-end data transport: flow control, congestion control, UDP, TCP, sockets.*

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

Objetivos de aprendizagem:

A. *Explicar os conceitos fundamentais das comunicações de dados.*

B. *Escolher, comparar ou empregar as tecnologias de redes de comunicações atuais.*

C. *Implementar, configurar e testar mecanismos e componentes essenciais de um sistema de comunicações de dados.*

Conteúdos programáticos:

1. *Arquitetura de comunicações de dados.*

2. *Transmissão digital.*

3. *Ligação de dados.*
4. *Acesso a meios partilhados.*
5. *Redes de comunicações.*
6. *Transporte de dados.*

Todos os conteúdos programáticos contribuirão para se atingir o objetivo de aprendizagem A). Os conteúdos programáticos 4), 5) e 6) endereçam tecnologias de redes de comunicações de dados atuais, nomeadamente a Ethernet comutada, o WiFi, e as comunicações de dados baseadas em pacotes TCP/IP. Os conteúdos 3), 5) e 6) incluem os aspetos necessário para se atingir o objetivo de aprendizagem C).

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

Learning Objectives:

- A. Explain the fundamental concepts of data communications.*
- B. Select, compare or employ current technologies of communications networks.*
- C. Implement, configure, and test key mechanisms and components of a data communications system.*

Program contents:

- 1. Data communications architecture.*
- 2. Digital transmission.*
- 3. Data link.*
- 4. Medium access control.*
- 5. Communications networks.*
- 6. End-to-end data transport.*

All program contents will contribute to meet the Learning Objective A). Program contents 4), 5) and 6) address current technologies of data communications networks, namely switched Ethernet, WiFi, and TCP / IP packet-based data communications. The contents 3), 5) and 6) include the topics required to meet the learning objective C).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas serão usadas para apresentação e discussão dos conceitos fundamentais, discussão de casos e resolução de problemas. Nas aulas teórico-práticas serão realizados dois trabalhos laboratoriais: (1) desenvolvimento de uma pilha de comunicações simples; (2) implementação de rede de comunicações com VLANs e routers, desenvolvimento de aplicação simples e análise de tráfego.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final

Condições de Frequência:

Notas atribuídas de 0 a 20 valores.

L1 - nota do 1º trabalho laboratorial

L2 - nota do 2º trabalho laboratorial

H - nota dos trabalhos de casa

FQ - CLASSIFICAÇÃO DE FREQUÊNCIA

$FQ = 0,4 \cdot L1 + 0,4 \cdot L2 + 0,2 \cdot H$

se ($FQ < 8,0$) $FQ = \text{"Reprovado por Falta Frequência"}$

Fórmula de avaliação: Notas atribuídas de 0 a 20 valores.

E - nota do exame final

FQ - NOTA DE FREQUÊNCIA

CF - CLASSIFICAÇÃO FINAL

$CF = 0,4 \cdot FQ + 0,6 \cdot E$

se ($E < 8,0$) $CF = E$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes are dedicated to the formal exposition of contents, including problems' solving to illustrate and discuss cases. In laboratory classes the students will carry out two assignments: (1) development of a simple communications stack; (2) implementation of a communications network with VLANs and routers, development of a simple application and traffic analysis.

Type of evaluation: Distributed evaluation with final exam

Terms of frequency:

Grades given in a scale from 0 to 20 valores.

L1 - grade of 1st lab

L2 - grade of 2nd lab

H - grade of homeworks

FQ - GRADE OF FREQUÊNCIA

$FQ = 0,4 \cdot L1 + 0,4 \cdot L2 + 0,2 \cdot H$

if ($FQ < 8,0$) $FQ = \text{"No Admission to Exams"}$

Formula of evaluation:

Grades given in a scale from 0 to 20 valores.

E - grade of final exam

FQ - GRADE OF FREQUÊNCIA

CF - FINAL GRADE

*CF = 0,4*FQ + 0,6*E*

if (E < 8,0) CF = E

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

Objetivos de aprendizagem:

A. Explicar os conceitos fundamentais das comunicações de dados.

B. Escolher, comparar ou empregar as tecnologias de redes de comunicações atuais.

C. Implementar, configurar e testar mecanismos e componentes essenciais de um sistema de comunicações de dados.

Metodologias de ensino:

1. As aulas teóricas serão usadas para apresentação e discussão dos conceitos fundamentais, discussão de casos e resolução de problemas.

2. Nas aulas laboratoriais serão realizados dois trabalhos laboratoriais.

Os objetivos de aprendizagem A) e B) serão alcançados sobretudo através aulas teóricas, trabalhos de casa e estudo feito fora das aulas pelo estudante. Nas aulas teóricas existem períodos de exposição de matérias pelo docente, seguidos de períodos de discussão relacionados com os tópicos apresentados, normalmente feitos em torno de perguntas estrategicamente colocadas pelo professor. Os problemas que vão sendo resolvidos pelo professor na aula teórica garantem que os conceitos mais importantes ficam consolidados formalmente. Os trabalhos de casa, que têm um peso de 20% na classificação de frequência, são executados através do Moodle pelos estudantes sendo os resultados da avaliação conhecidos pelos estudantes antes da aula teórica da semana seguinte; este mecanismo permite que os estudantes vão auto-avaliando o seu conhecimento ao longo do semestre. São ainda disponibilizados problemas resolvidos e resoluções de exames dos anos anteriores.

O objetivo de aprendizagem C) é alcançado nas aulas laboratoriais através da elaboração de 2 projetos. No primeiro projeto o estudante implementa um mecanismo de transmissão de dados em banda base, transmissão de tramas, um código detetor de erros, um mecanismo de repetição automática, e uma pilha simples de comunicações para exercitar o conceito de protocolo e serviço; deverá ser capaz de transmitir um ficheiro binário entre 2 computadores e avaliar o desempenho da solução que desenvolveu.

No segundo projeto o estudante deverá configurar uma pequena rede IP, consistindo em 2 de sub-redes feitas sobre VLANs, NAT, DNS, interligar essa rede com a Internet, gerar tráfego com uma aplicação simples e fazer o estudo do tráfego usando a ferramenta Wireshark. Para além de se aperceber das diferenças entre a comutação de nível 2 (Ethernet) e nível 3 (IP), o estudante deverá ainda efetuar estudos e testes relacionados com o mecanismo de controlo de fluxo e controlo de congestionamento do TCP.

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

Learning Objectives:

A. Explain the fundamental concepts of data communications.

B. Select, compare or employ current technologies of communications networks.

C. Implement, configure, and test key mechanisms and components of a data communications system.

Teaching methodologies:

1. The theoretical classes will be used to present and discuss the fundamental concepts, discussion of cases and problem solving.

2. In the laboratory classes will be carried out two projects.

Learning objectives A) and B) will be met in theoretical classes, homework and study done outside of classes by the student. In the theoretical classes there are periods of exposition of subjects by the teacher, followed by periods of discussion related to the topics presented, usually done around questions strategically placed by the teacher. The problems that are solved by the teacher in the theoretical class guarantee that the most important concepts are formally consolidated. Homework, which weighs 20% on the frequency classification, is performed through the Moodle by the students and the evaluation results are known by the students before the theoretical lesson of the following week; this mechanism allows students to self-assess their knowledge throughout the semester. Solved problems and exam resolutions from previous years are also available.

The learning objective C) is met in the laboratory classes through the elaboration of 2 projects. In the first project the student implements a baseband data transmission mechanism, a frame transmission mechanism, an error detection code, an automatic repeat request mechanism, and a simple communications stack for exercising the concept of protocol and service; students should be able to transfer a binary file between two computers and evaluate the performance of the developed solution.

In the second project the student should configure a small IP network, consisting of 2 subnetworks made over VLANs, using NAT and DNS, interconnect this network with the Internet, generate traffic with a simple application and study the generated traffic by using the Wireshark tool. In addition to realizing the differences between layer 2 (Ethernet) and layer 3 (IP), students should also conduct studies and tests related to TCP's flow control and congestion control mechanisms.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D.J. (2011). *Computer Networks (5th ed)*. Prentice Hall.
Bertsekas, D., & Gallager, R. (1992) *Data Networks (2nd ed)*. Prentice-Hall International.
Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2016). *Computer Networking - a Top-Down Approach (7th ed)*. Pearson.

Mapa IV - Projeto Integrador**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Projeto Integrador

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Capstone Project

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

PL-13h

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Grupos de 8 estudantes. 25 grupos.

4.4.1.7. Observations:

Groups of 8 students. 25 groups.

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

Armando Jorge Miranda de Sousa: PL-91h (7 grupos)

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

António Paulo Gomes Mendes Moreira : PL-52h (4 grupos)
Eurico Manuel Elias de Moraes Carrapatoso: PL-39h (3 grupos)
Artur Manuel Figueiredo Fernandes Costa: PL-26h (2 grupos)
Carlos Coelho Leal Monteiro Moreira: PL-52h (4 grupos)
Cláudio Domingos Martins Monteiro- PL-65h (5 grupos)

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

O objetivo desta unidade curricular é proporcionar a todos os estudantes , num ambiente de trabalho de grupo análogo ao que irão encontrar na vida real, uma oportunidade para o desenvolvimento e integração de um sistema complexo. Este sistema deve de satisfazer os requisitos de engenharia obtidos a partir dos requisitos funcionais da aplicação em causa especificada pelo utilizador final.

A realização desta unidade curricular confere aos estudantes competências para:

- utilizar metodologias de especificação e desenvolvimento de sistemas a partir do conhecimento da função a desempenhar*
- avaliar a oferta de produtos existentes para idêntica função e introduzir elementos inovadores que permitam diferenciação da solução proposta*
- participar em trabalho de equipa*
- autoavaliar a sua contribuição no trabalho em equipa.*

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

This curricular unit aims to give the students the opportunity to develop and integrate a complex system in an environment that closely resembles what they will find in real-life business. The system must comply with the engineering requirements that are extracted from the end user functional requirements for the application.

At the end of this unit the following learning outcomes are expected:

- *development of skills that enable establishing engineering requirements and specifications from the desired functional description*
- *perform a market survey of products that meet the functional description and look for innovations that may differentiate the proposed solution*
- *teamwork participation*
- *auto-evaluation as a member of a team.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Participação no desenvolvimento de um sistema complexo que resulta da integração de vários sub-sistemas.

Organização dos alunos em grupos que contribuirão para o desenvolvimento do protótipo do sistema selecionado.

Cada grupo tem um orientador designado.

Alternativamente, o estudante pode realizar individualmente um estágio num grupo de investigação ou empresa que assegure os mesmos objetivos (dependendo da disponibilidade de colocações para este fim).

4.4.5. Syllabus:

Each year a system is chosen and developed with the integration of several sub-systems.

Students are organized in groups that contribute for the development of the system prototype. Each group as a designated tutor.

Alternatively, the student may individually undertake an internship in a research group or company that achieves the same objectives (depending on the availability of placements for this purpose).

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

O envolvimento num trabalho de equipa complexo permite ao estudante adquirir e exercitar competências técnicas, organizacionais e pessoais ("soft skills") num ambiente semelhante ao de uma equipa de desenvolvimento; no caso de um estágio, o estudante adquirirá as competências no interior de uma equipa de investigação ou equipa empresarial. O trabalho tem uma natureza aberta que difere marcadamente dos típicos projetos individuais ou em pequenos grupos realizados noutras unidades curriculares. Globalmente, a unidade curricular promove a iniciativa própria e a pro-atividade dos estudantes, tanto individual como em grupo.

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

Engaging in complex teamwork enables the student to acquire and exercise technical, organizational and personal skills ("soft skills") in an environment similar to that of a development team; in the case of an internship, the student will acquire the skills within a research team or business team. The work has an open nature that differs markedly from typical individual or small group projects carried out in other curricular units. Globally, the course promotes students' own initiative and proactivity, both individually and in groups.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas práticas são usadas para o trabalho no projeto e reunião docente orientador, com vista a acompanhar os trabalhos e debater os resultados.

Cada grupo deverá ter um repositório de todos os documentos do grupo.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída sem exame final

Avaliação: A - Avaliação geral do trabalho: o desempenho e qualidade do trabalho resultante, patente na demonstração do protótipo elaborado.

B - A cada grupo será atribuída uma variação relativa ao valor de referência. A adição desta variação ao valor de A resulta na classificação de grupo.

C - A cada estudante será atribuída uma variação relativa a B. A soma das variações dos estudantes de cada grupo é nula ou próxima de nula. O valor desta variação resulta de um processo de auto e inter-avaliação dos estudantes. A soma desta variação com a classificação de grupo resulta na nota individual.

A avaliação de estágios terá como base um relatório do estudante e as respostas do responsável externo a um inquérito.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lab sessions are used for project work and meetings with the group tutor, which occur once a week to keep track of the work and discuss possible approaches.

Each group must maintain a repository with all documentation.

Type of evaluation: Avaliação distribuída sem exame final.

Assessment: The grading procedure is:

A-General prototype evaluation: the performance and quality of the resulting work as a whole produces the basis grade.

B-Each group will assigned a delta classification value relative to A. The result of adding the group delta to A produces the group grade.

C-Each student will be assigned an individual delta relative to B. The sum of the group deltas within each group will be null or almost null. The value of this individual delta results from a process of self and cross evaluation of the students. The sum of C and B produces the final individual grade.

Internship assessment will be based on a student report and on the answers to a standard questionnaire by the external supe

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

Esta unidade curricular tem a particularidade de colocar os estudantes a trabalhar integradamente em equipas de dimensão relevante, seja nos trabalhos efetuados na faculdade, seja em estágios empresariais ou de investigação. A obtenção de bons resultados nestes ambientes depende fortemente das competências visadas (em particular pessoais e de relacionamento inter-pessoal), mas também coloca dificuldades na avaliação da contribuição individual. O processo de avaliação foi concebido para permitir uma avaliação individual em que a colaboração com os outros membros da equipa também é valorizada. No caso dos estágios externos (que carecem de aprovação por parte do regente da unidade curricular), parte dos objetivos será objeto de um contrato formal de estágio, sendo a avaliação adaptada de forma correspondente para incidir sobre as mesmas competências.

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

This course has the particularity of putting students to work inside teams of relevant size, whether in the work done in college, in business or research internships. Achieving good results in these environments strongly depends on the skills targeted (particularly personal development and interpersonal relationships), but also poses difficulties in assessing individual contributions. The assessment process is designed to allow for individual assessment where collaboration with other team members is also valued. In the case of external internships (which require the approval of the coordinator of the curricular unit), part of the objectives will be covered by a formal internship contract, and the evaluation will be adapted accordingly to cover the same competences as in the other cases.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Dependente do projeto.

Mapa IV - Projeto FEUP

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Projeto FEUP

4.4.1.1. Title of curricular unit:

FEUP Project

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

DP

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

40,5

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-3h;TP-10h

4.4.1.6. ECTS:

1,5

4.4.1.7. Observações:

UC transversal aos ciclos de estudo de engenharia

4.4.1.7. Observations:

Transversal course to the engineering programs

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

José Carlos dos Santos Alves: 10 h TP

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

Carlos Coelho Leal Monteiro Moreira: 10h TP

Carlos João Rodrigues Costa Ramos: 10h TP

Cláudio Domingos Martins Monteiro: 20h TP

Helder Filipe Duarte Leite: 20h TP

João Paulo Filipe de Sousa: 30h TP

José Eduardo Roque Neves dos Santos: 20h TP

Sara Maria Pinho Ferreira (3h T – 2 turmas) - coordenador geral da UC na FEUP

Manuel Firmino da Silva Torres (3h T – 2 turmas) - coordenador geral da UC na FEUP

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

- Conhecer o campus da FEUP e serviços disponíveis;
- Integrar-se na comunidade académica da FEUP;
- Identificar as competências transversais e a sua importância na carreira da engenharia;
- Aplicar as competências transversais (soft skills tais como trabalho em equipa, comunicação, ética, etc.);
- Analisar cientificamente um tema / resolver um projeto de dificuldade limitada nas áreas de engenharia;
- Elaborar um poster, realizar uma apresentação e produzir um relatório científico, de acordo com as normas da comunidade científica.

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

- To know the FEUP campus and available services;
- To integrate into the academic community of FEUP;
- To identify transversal competences and their importance in the engineering career;
- To apply transversal skills (soft skills such as teamwork, communication, ethics, etc.);
- To scientifically analyze a theme / solve a project of limited difficulty in the engineering areas;
- To make a poster, a presentation, and a scientific report according to the norms of the scientific community.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Técnicas de apresentação;
 - Comunicação visual (poster);
 - Relatório de engenharia (incluindo pesquisa e referências de bibliografia);
- Será ainda ministrada formação nas áreas de:
- Serviços da FEUP, recursos informáticos e ferramentas colaborativas (ex: Google Apps e Moodle);
 - Aprendizagem eficaz (incluindo gestão de tempo, métodos de estudo, ética, plágio, etc.)
- A UC inclui ainda um trabalho técnico sobre um tema específico do ciclo de estudo do estudante e formação associada a esse tópico que servirá para o trabalho no tema / projeto em equipa.

4.4.5. Syllabus:

- Presentation techniques;
 - Visual communication (poster);
 - Engineering report (including research and bibliographic references);
- Training will also be provided in the areas of:
- FEUP's services, IT resources and collaborative tools (e.g. Google Apps and Moodle);
 - Effective learning (including time management, study methods, ethics, plagiarism, etc.)
- The course also includes technical work on a specific subject of the student course and training associated with that topic that will serve for work on the theme/team project.

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

No Projeto FEUP, os conteúdos programáticos foram definidos no sentido de permitirem a realização dos objetivos. A partir da revisão da literatura e de uma experiência de décadas de trabalho nestas áreas, identificaram-se diversos conteúdos para o programa como essenciais para a integração dos estudantes e o desenvolvimento de competências transversais. Assim, os conteúdos foram organizados em diversas áreas conforme as respetivas competências: 1) Integração: conhecer os serviços e recursos da faculdade, realizar dinâmicas de grupo e atividades de associação à comunidade FEUP; 2) Competências transversais - trabalho em equipa; comunicação, ética, etc.; análise científica de um tema e/ou resolução de um projeto em diversas áreas de engenharia, com produção de três elementos de comunicação (apresentações, pósteres, relatórios) para a realização de um congresso final.

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

In the Projeto FEUP, the syllabus was defined to allow the achievement of the objectives. Based on the literature review and the experience of decades of work in these areas, several contents for the program were identified as essential for the integration of students and the development of transversal competences. Thus, the contents were organized in several areas according to their respective competences: 1) Integration: to know the services and resources of the faculty, perform group dynamics and FEUP community association activities; 2) transversal skills - teamwork; communication, ethics, etc.; scientific analysis of a project theme and / or resolution in various engineering areas, with the production of three communication elements (presentations, posters, reports) for a final congress.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- 1) Semana inicial de formação intensiva dedicada à receção dos estudantes e formação presencial, complementada com e-learning, sobre os vários conteúdos programáticos. Esta semana inclui diversas palestras (métodos expositivo e interrogativo) e módulos de formação prática (métodos demonstrativo e ativo), sendo as respetivas atividades avaliadas num mini-teste.
- 2) Durante as restantes semanas realiza-se um trabalho de projeto em equipa. Este trabalho técnico elaborado com rigor científico sobre conteúdos adotados de outras UCs dos diversos ciclos de estudo, inclui a realização de um relatório e de um póster, assim como uma apresentação num Congresso Final com jurados do corpo docente. É alvo de avaliação a forma e o conteúdo do relatório realizado, do poster produzido e ainda da respetiva apresentação oral e defesa do projeto (questões do júri e/ou da audiência). Este trabalho é apoiado sistematicamente por um monitor e acompanhado por um supervisor que também avalia os trabalhos realizados.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

- 1) *The initial week of intensive training dedicated to student reception and face-to-face training, complemented with e-learning, on the various syllabus. This week includes several lectures (expository and interrogative methods) and training modules (demonstrative and active methods), being these activities evaluated in a mini-test.*
- 2) *During the next weeks, the students develop one team project work. This technical work, developed with scientific rigor, on content adopted from other UCs of the various courses includes a report, a poster as well as a presentation at the Final Congress with professors as jurors. The form and content of the report, the poster and the oral presentation and discussion of the project (questions of the jury and/or audience) are evaluated. This work is systematically supported by a monitor and a supervisor who also evaluate the performed work.*

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

A metodologia está relacionada com o desenho dos objetivos de aprendizagem desta UC definidos em três níveis: saber, saber-fazer e saber-estar. Assim, os métodos expositivo e interrogativo são essencialmente usados para transmitir conhecimentos e incentivar nos estudantes uma análise e reflexão crítica sobre esses conhecimentos, adotando modos de trabalho pedagógico de tipo transmissivo e incitativo, promovendo estratégias de aprendizagem baseadas nos modelos comportamentalista e cognitivista. Os métodos demonstrativo e ativo são sobretudo usados para ensinar técnicas práticas, desenvolver competências e estimular a apropriação do conhecimento, utilizando um modo de trabalho pedagógico de tipo apropriativo e fomentando estratégias de aprendizagem baseadas nos modelos construtivista e sócio-construtivista. Com estas metodologias de ensino pretende-se que os estudantes possam atingir os resultados de aprendizagem desejados e que estejam capazes de utilizar as suas competências pessoais e interpessoais, em situações informais e em contextos académicos e profissionais onde ocorrem atividades inerentes à engenharia.

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

The methodology is related to the design of the learning objectives of this course, defined on three levels: knowledge, know-how, and know-being. Thus, the lecture and the interrogative methods are essentially used to transmit knowledge and encourage students in critical analysis and reflection on such knowledge, adopting pedagogical work modes of transmissive and incentive types, promoting learning strategies based on behavioral and cognitive models. Demonstrative and active methods are particularly used to teach practical techniques, develop skills and stimulate knowledge appropriation, using a pedagogical work mode of appropriative type and fostering learning strategies based on constructivist and socio-constructivist models.

With the use of these teaching methodologies, we intend to allow students to achieve the desired learning outcomes and to be able to use their personal and interpersonal skills, in informal situations and in academic and professional contexts where there are activities related to engineering.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Van Emden, J., & Becker, L. (2016). *Presentation skills for students*. Macmillan International Higher Education.
- Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (Vol. 2). Cheshire, CT: Graphics press.
- Weyers, J. (2007). *How to write dissertations and project reports*. Pearson Education UK.
- Cornelsen, J. M. (2012). *Escrever... com normas: guia prático para elaboração de trabalho*. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press.
- Hofmann, A. H. (2014). *Scientific writing and communication: papers, proposals, and presentations*. Oxford Univ. Press.
- Neves, J., Garrido, M., & Simões, E. (2006). *Manual de competências pessoais, interpessoais e instrumentais—teoria e prática*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Caldeira, B. R., & Ferreira, N. A. (2012). *Faz o Curso na Maior. Lua de Papel*.
- Webster, G. (2017). *The Chicago Manual of Style*.

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:**

O perfil de formação que este ciclo de estudos pretende atingir aponta para graduados com uma formação cuidada nas ciências básicas da Engenharia e uma formação abrangente nos fundamentos das grandes áreas científicas e técnicas da Engenharia Eletrotécnica. Como ao longo do ciclo de estudos se vai passando de UCs com ênfase nas ciências básicas até às de âmbito mais tecnológico, de igual modo se se passa da formação mais teórica no 1º e 2º ano, até à formação de natureza mais aplicada, com maior autonomia dos estudantes, no 2º e 3º ano, nomeadamente aproveitando os laboratórios de ensino disponíveis para trabalhos práticos autónomos. As tipologias de aulas (T, TP, PL) e metodologias de ensino (resolução de problemas, ensino baseado em projeto, etc.) de cada UC estão adaptadas ao nível de aprendizagem pretendido (definição, compreensão, aplicação, análise, etc.).

4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:

The educational profile that this cycle of studies aims to achieve consists of graduates with a thorough education in the basic sciences of Engineering and a comprehensive education in the fundamentals of the major scientific and technical areas of Electrical Engineering. As the curriculum progresses from an emphasis on basic sciences to subjects of a more technological character, so do the methodologies change from a more theoretical perspective in the 1st and 2nd years to a more applied focus in which the students exercise more autonomy, in the 2nd and 3rd years, taking advantage of the teaching laboratories available for autonomous work. The types of classes (T, TP, PL) and

teaching methodologies (problem solving, project-based teaching, etc.) of each curricular unit are adapted to the desired level of learning (definition, understanding, application, analysis, etc.).

4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:

Antes do início de cada ano letivo os docentes especificam na ficha da UC as atividades desta (aulas, trabalhos, estudo individual, provas de avaliação, etc.), incluindo a calendarização e a estimativa de carga de trabalho de cada, procurando distribuir uniformemente o esforço do estudante e evitar picos de trabalho. As fichas são validadas pelo Diretor do ciclo de estudos, que realiza também reuniões de coordenação no início de cada semestre. No final do semestre, os docentes elaboram um relatório onde comentam o funcionamento da UC e a sua adequação ao trabalho exigido. É ainda efetuado um inquérito aos estudantes onde estes podem comentar sobre a dificuldade e quantidade do trabalho exigido. Os estudantes são também auscultados periodicamente ao longo do semestre através da Comissão de Acompanhamento.

4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:

Before the beginning of each academic year, instructors specify the activities of the curricular units (sessions, assignments, individual study, assessment tests, etc.), including the schedule and the workload estimates for each one, trying to distribute the student effort along the year and avoid work spikes. The basic plans are validated by the Director of the study cycle, who also holds coordination meetings at the beginning of each semester. At the end of the semester, instructors prepare a report where they comment on the functioning of the unit and the suitability of the required work. There is also a regular student survey where they can comment on the difficulty and amount of work required. Students are also consulted periodically throughout the semester through the Monitoring Committee.

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 métodos, componentes, pesos e datas de avaliação, tal como os objetivos de aprendizagem, são definidos na ficha de cada UC pelos docentes responsáveis, sendo validados pelo Diretor do ciclo de estudos. De acordo com os princípios de Bolonha, o método de avaliação das UCs evoluiu de um método baseado principalmente em exame final para um método predominante misto, combinando o exame final com uma componente de avaliação distribuída com peso significativo, ou mesmo baseado unicamente em avaliação distribuída. As competências de comunicação são avaliadas através de relatórios e apresentações. O trabalho desenvolvido dentro e fora das aulas, devidamente acompanhado e avaliado pelos docentes, integra-se nas metodologias de aprendizagem baseadas em projeto. Os relatórios de UC são outra ferramenta usada na monitorização da qualidade de ensino.

4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:

The assessment methods, components, weights and dates, as well as the learning objectives, are defined in the syllabus by the responsible instructors, and validated by the Director of the study cycle. Following to the Bologna principles, the assessment method has evolved from a method based mainly on a final exam to a predominantly mixed method, combining the final exam with a distributed assessment component with significant weight, or even based solely on distributed assessment. Communication skills are assessed through reports and presentations. Work developed inside and outside the sessions, properly monitored and evaluated by the instructors, is also an essential part of the project-based learning methodologies. The final report delivered by the instructors is another tool used for quality assurance.

4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):

O interesse e envolvimento dos estudantes em atividades de investigação científica é promovido em primeiro lugar pelo corpo docente, na sua maioria integrado em centros de I&D. A dinamização de vários grupos de interesse e de núcleos estudantis conta também com uma componente científica e tecnológica importante, incluindo palestras convidadas e participação em competições nacionais e internacionais (por vezes organizados no âmbito de UCs). Em várias UCs, os estudantes são confrontados com resultados de investigação na fronteira do seu conhecimento, que são desafiados a analisar criticamente. Uma das modalidades previstas para a UC de Projeto Integrador é o desenvolvimento de um projeto de iniciação à investigação numa unidade de I&D sob tutoria de um docente.

4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):

The interest and involvement of students in scientific research activities is promoted primarily by the teaching staff, most of whom are integrated in R&D centers. The promotion of various interest and student groups also has an important scientific and technological component, including invited lectures, and participation in national and international competitions (sometimes organized in the context of a specific course). In several courses, students are faced with research results at the frontier of their knowledge, which they are challenged to analyze critically. One of the modalities foreseen for the course "Projeto Integrador" is the development of a research initiation project in an R&D unit under the tutorship of an instructor.

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 estrutura curricular da LiEEC cumpre os requisitos definidos no artigo 9.º do Decreto-Lei n.º 74/2006, na redação dada pelo Decreto-Lei n.º 65/2018, de 16 de agosto, para ciclo de estudos conducente ao grau de licenciado no ensino universitário. A LiEEC está configurada como um ciclo de estudos com a duração de 6 semestres curriculares correspondentes a um total de 180 créditos ECTS, cumprindo assim o estipulado nesse artigo. A opção por uma duração de 6 semestres está alinhada com a duração típica de primeiros ciclos na área de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores no espaço europeu, com a prática comum das Escolas de Engenharia em Portugal, e com a duração do 1º ciclo do anterior ciclo de estudos integrado (MIEEC) a que a LiEEC sucede em cumprimento do artigo 19.º do Decreto-Lei n.º 65/2018 de 16 de agosto.

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 curricular structure of LiEEC meets the requirements set out in Article 9 of Decree-Law No. 74/2006 for a study cycle leading to a university degree of “Licenciado”. LiEEC is configured as a course of study with 6 curricular semesters corresponding to 180 ECTS credits, thus fulfilling the stipulated in that article. The option for a duration of 6 semesters is aligned with the typical duration of first cycles in the area of Electrical and Computer Engineering in the European area, with the common practice of Engineering Schools in Portugal, and with the duration of the first cycle of the previous integrated study cycle (MIEEC) to which LiEEC succeeds in compliance with Article 19 of Decree-Law No. 65/2018 of 16 August.

4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

O número de créditos ECTS por UC foi harmonizado a nível da FEUP e UP para facilitar a mobilidade interna, a partilha de UCs entre ciclos de estudos e o alinhamento com as boas práticas nacionais e internacionais. As UCs da LiEEC foram concebidas em geral para um esforço de 6 créditos ECTS. Como as UCs de competências transversais estão harmonizadas para um esforço de 1,5 ECTS, existem quatro outras UCs com 4,5 ECTS. Estrutura e conteúdos das UCs resultaram dos trabalhos de uma comissão departamental alargada. A partir daí, a Comissão Científica (CC) do MIEEC elaborou uma proposta com os objetivos gerais de cada UC. Após novo período de auscultação do corpo docente, o resultado foi sujeito a apreciação pelo Conselho de Departamento do DEEC. Posteriormente, a CC identificou potenciais responsáveis para cada UC, a quem solicitou a elaboração da respetiva ficha com base nos objetivos gerais definidos, com o cuidado de adequar o âmbito e volume de trabalho ao número de créditos ECTS.

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 number of ECTS credits per UC was harmonized at the level of FEUP and UP to facilitate internal mobility, UC sharing between degrees and alignment with national and international good practices. The UCs of LiEEC have been designed in general for an effort of 6 ECTS credits. Because the UCs on transferrable skill are harmonized for an effort of 1.5 ECTS, there are three other UCs with 4.5 ECTS.

Structure and contents of each UC resulted from the work of an enlarged departmental commission. From that starting point, the Scientific Committee (CC) of MIEEC prepared a proposal with the general objectives of each UC. After a new consultation with the faculty, the result was discussed by the DEEC Department Council. Subsequently, the CC identified potential responsible instructors for each UC, who were requested to prepare the detailed specification while keeping to the general objectives defined before, and taking care to adapt the scope and workload to the number of ECTS credits.

4.7. Observações

4.7. Observações:

O ciclo de estudos está estruturado em UCs que totalizam 180 créditos ECTS, dos quais 151,5 em UCs obrigatórias, 24 em UCs optativas e 4,5 em UCs optativas relacionadas com Competências Transversais.

No último semestre, decorre um Projeto Integrador em paralelo com um grupo de UCs optativas (com os estudantes a escolherem quatro UCs de um leque de cinco) que abrange aspetos básicos de todos os ramos do futuro Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores.

As UCs do ciclo de estudos estão organizadas em sequências temáticas, tendo sido dispostas no plano de estudos de forma a respeitar dependências entre temas e a maturidade dos estudantes. As fileiras são: Matemática, Física, Circuitos, Eletromagnetismo, Sinais e Sistemas, Informática, Computadores, Eletrónica, Energia, Automação e Telecomunicações.

Nas UCs de Competências Transversais os estudantes devem escolher livremente, de entre um catálogo a oferecer pela FEUP e pela UP, as unidades que pretendem realizar. A participação em concursos, na organização de eventos ou em estágios de verão também é elegível, mediante autorização do diretor de ciclo de estudos e desde que essas atividades estejam acreditadas na UP. O catálogo a oferecer incluirá unidades relacionadas com aspetos sociais e profissionais, nomeadamente comunicação e ética profissional.

Na UC Projeto Integrador, os estudantes, organizados em equipas, realizam um projeto de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (EEC) com impacto social, orientado para a resolução de um problema real, com base em propostas oriundas preferencialmente de organizações externas. Em alternativa, sob proposta do estudante, e mediante autorização do diretor do ciclo de estudos, os estudantes poderão realizar um estágio em ambiente empresarial ou numa unidade de I&D (para iniciação à investigação), sob tutoria de um docente, ou um projeto multidisciplinar, orientado por um docente da FEUP.

A aprovação em todas as unidades curriculares do plano de estudos permitirá a obtenção do grau de licenciado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.

4.7. Observations:

The study cycle consists of curricular units worth 180 ECTS credits, of which 151.5 are for mandatory courses and additional 4.5 ECTS are related to transferrable skills.

In the last semester, a capstone project takes place in parallel with a group of optional courses (with students choosing four courses out of a group of five) covering basic aspects of all branches of the future Master's Degree in Electrical and Computer Engineering.

The courses are organized in streams, having been positioned in the study plan in order to respect dependencies between themes and the maturity of the students. The streams are Mathematics, Physics, Circuits, Electromagnetism, Signals and Systems, Informatics, Computers, Electronics, Energy, Automation and Telecommunications.

For the courses on Transferrable Skills, students choose freely from a catalogue of units to be offered by FEUP and UP. Participation in competitions, in the organization of events or in summer internships is also eligible, with authorization of the director of the cycle of studies and provided that these activities are accredited at UP. The catalogue will include units related to social and professional aspects, namely communication and professional ethics.

In the course "Capstone Project", students, organized in teams, carry out a Electrical and Computer Engineering project with social impact, oriented to the resolution of a real problem, preferably based on proposals from external organizations. Alternatively, under the student's proposal, and with the authorization of the director of the study cycle, students may undertake an internship in a business environment or in an R&D unit (for initiation to research), under the supervision of a faculty member, or a multidisciplinary project, supervised by an instructor of FEUP.

The approval in all curricular units of the study plan will earn the student the degree of "Licenciado" in Electrical and Computer Engineering.

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.

Diretor do ciclo de estudos: João Paulo de Castro Canas Ferreira (Prof. Associado a tempo integral em regime de exclusividade)

Comissão Científica (composição além do diretor):

- Aníbal Castilho Coimbra de Matos (Prof. Auxiliar)

- Jaime dos Santos Cardoso (Prof. Associado)

- José Nuno Moura Marques Fidalgo (Prof. Associado)

Coordenador pedagógico do 1º ano: José Carlos dos Santos Alves (Prof. Associado).

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 / Especialista Degree / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment regime	Informação/ Information
Aníbal João de Sousa Ferreira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Ana Cristina Costa Aguiar	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Redes de Telecomunicações	100	Ficha submetida
António José Duarte Araújo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
António José dos Santos Silva	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Artur Manuel de Figueiredo Fernandes e Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Artur Manuel Oliveira Andrade Moura	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Telecomunicações	100	Ficha submetida
Maria Beatriz Brito Oliveira	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia e Gestão Industrial	28.6	Ficha submetida
Carlos Daniel Diogo Matias Pintassilgo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Physics	100	Ficha submetida
Francisco José Baptista Salzedas	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Hélio Mendes de Sousa Mendonça	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Jaime dos Santos Cardoso	Professor	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de	100	Ficha

	Associado ou equivalente		Computadores		submetida
João Paulo Trigueiros da Silva Cunha	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
José Carlos dos Santos Alves	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Eletrónica e Sistemas Digitais	100	Ficha submetida
José Eduardo Roque Neves dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
José Fernando da Costa Oliveira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
José Alfredo Ribeiro da Silva Matos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
José Nuno Moura Marques Fidalgo	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Sistemas de Energia	100	Ficha submetida
Luís António Pereira de Meneses Côrte-Real	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Luís Filipe Ribeiro dos Santos Guimarães	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia e Gestão Industrial	100	Ficha submetida
Manuel António Cerqueira da Costa Matos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica	100	Ficha submetida
Manuel Alberto Pereira Ricardo	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Maria Antónia da Silva Lopes e Carravilla	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Maria Inês Barbosa de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Electrical Engineering	100	Ficha submetida
Maria Paula Macedo Rocha Malonek	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Matemática e Ciências da Natureza / Mathematics and Natural Sciences	100	Ficha submetida
Paulo Jorge Valente Garcia	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Paulo José Lopes Machado Portugal	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Paulo Manuel de Araújo Sá	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Pedro Alexandre Guimarães Lobo Ferreira do Souto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	"Computer Science"	100	Ficha submetida
Abel Jorge Antunes da Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Aníbal Castilho Coimbra de Matos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Armando Jorge Miranda de Sousa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engª Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Armando Luís de Sousa Araújo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica	100	Ficha submetida
João Paulo de Castro Canas Ferreira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
José Alberto Peixoto Machado da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Maria Margarida de Amorim Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica/Matemática	100	Ficha submetida
Francisco Manuel Madureira e Castro Vasques de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Informática Industrial	100	Ficha submetida
Manuel Firmino da Silva Torres	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Ciências da Educação	100	Ficha submetida
Sara Maria Pinho Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Civil	100	Ficha submetida
Ana Paula Rocha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
António José de Pina	Professor Auxiliar	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e	100	Ficha

Martins	ou equivalente		Computadores		submetida
António Paulo Gomes Mendes Moreira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
António Pedro Rodrigues Aguiar	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Carlos Coelho Leal Monteiro Moreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia	100	Ficha submetida
Carlos João Rodrigues Costa Ramos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Carlos Manuel de Araújo Sá	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Máquinas Elétricas	100	Ficha submetida
Cláudio Domingos Martins Monteiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Diamantino Rui da Silva Freitas	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Eurico Manuel Elias de Moraes Carrapatoso	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Information Systems Engineering	100	Ficha submetida
Fernando Arménio da Costa Castro e Fontes	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Não aplicável	100	Ficha submetida
Gil Manuel Magalhães de Andrade Gonçalves	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e Computadores	100	Ficha submetida
Helder Filipe Duarte Leite	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica	100	Ficha submetida
Henrique Manuel de Castro Faria Salgado	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Electronics and Computer Systems	100	Ficha submetida
João Paulo da Silva Catalão	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica	100	Ficha submetida
João Paulo Filipe de Sousa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Tasso de Figueiredo Borges de Sousa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e Computadores	100	Ficha submetida
José Manuel Martins Ferreira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia eletrotécnica e de computadores	100	Ficha submetida
José Nuno Teixeira de Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Wireless LAN Communications (Engenharia Electrotécnica e de Computadores)	100	Ficha submetida
José Rui da Rocha Pinto Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e Computadores - Energia	100	Ficha submetida
Luis Filipe Pinto de Almeida Teixeira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Luis Miguel Pinho de Almeida	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica	100	Ficha submetida
Maria do Rosário Marques Fernandes Teixeira de Pinho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Control Theory, Electrical Engineering	100	Ficha submetida
Maria Helena Osório Pestana de Vasconcelos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Sistemas de Energia	100	Ficha submetida
Maria José Fernandes Vaz Lourenço Marques	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Mecânica, Especialidade Ciência dos Materiais	100	Ficha submetida
Mário Jorge Rodrigues de Sousa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Miguel Fernando Paiva Velhote Correia	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Nuno Alexandre Lopes Moreira da Cruz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Paulo Jorge de Azevedo Lopes dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Paulo José Cerqueira Gomes da Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Ricardo Santos Morla	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Computing	100	Ficha submetida
Rui Manuel Esteves Araújo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Sérgio Reis Cunha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e Computadores	100	Ficha submetida
Vítor Manuel Grade Tavares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Vítor Manuel Martins	Professor Auxiliar	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de	100	Ficha

Cicouro de Pera	ou equivalente		Computadores		submetida
Pedro Luís Cerqueira Gomes da Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Ciências da Engenharia e da Tecnologia – Engenharia Eletrónica - Robótica	100	Ficha submetida
				7328.6	

<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.**

74

5.4.1.2. Número total de ETI.

73.28

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:	73	99.617903930131

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):	73.28	100

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	68	92.794759825328 73.28
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 73.28

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	73	99.617903930131 73.28
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 73.28

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.

A avaliação do desempenho do pessoal docente seguirá as regras estabelecidas pela legislação aplicável: ECDU, RJIES e o Regulamento de Avaliação de Desempenho da UP. Os Docentes são periodicamente avaliados de acordo com o Regulamento de Avaliação de desempenho dos Docentes da FEUP.

São realizados inquéritos pedagógicos sobre todas as ocorrências de cada UC visando tanto a organização desta como o desempenho dos docentes.

A Unidade para a Melhoria do Ensino e Aprendizagem da UP é um grupo de trabalho constituído por docentes, investigadores, técnicos e estudantes que colaboram na reflexão e implementação de ideias e ações no âmbito da promoção de sinergias, ações e projetos que facilitem o processo de ensino/aprendizagem e contribuam para a excelência pedagógica, incluindo numerosos cursos para docentes (<https://inovacaopedagogica.up.pt/>). A UP também participa em vários programas internacionais de mobilidade de docentes (IACOBUS, Erasmus+, programa de mobilidade CMU Portugal).

5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

Performance evaluation of teaching staff will follow the rules established by the applicable legislation: the ECDU, RJIES and the Performance Evaluation Regulation of the UP. Instructors are periodically evaluated in accordance with the performance evaluation regime set out in the Performance Evaluation Regulation of FEUP. Pedagogical surveys are carried out on all occurrences of each course for assessment of its organization and the performance of instructors. The Teaching and Learning Improvement Unit of UP is a working group of teachers, researchers, technicians and students who actively collaborate in the reflection and implementation synergies, actions and projects that facilitate the teaching and learning process and contribute to pedagogical excellence, including numerous courses for teachers (<https://inovacaopedagogica.up.pt/>). The University of Porto also participates in various international teacher mobility programs (IACOBUS, Erasmus +, CMU Portugal mobility program).

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 afeto ao ciclo de estudos está associado ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC), ao Gabinete de Sistemas de Informação (GSI) e aos Serviços Académicos (SERAC). O pessoal do DEEC realiza atividades de gestão, de apoio administrativo, de secretariado e de apoio laboratorial. O DEEC tem 12 pessoas a tempo inteiro, sendo 7 técnicos de laboratório. O pessoal do GSI, 6 no total, dá apoio a laboratórios de computadores para tarefas de ensino.

Os SERAC garantem as atividades no âmbito da administração, gestão e apoio na área de gestão de ciclo de estudos e cursos; a área do acesso, ingresso e certificação e a área de gestão de estudante, de acordo com as instruções tutelares e as diretivas dos Órgãos de Gestão, constituindo a relação com o estudante o vetor essencial da sua atuação. Para este efeito, os SERAC contam com 18 recursos humanos a tempo inteiro. SERAC e GSI dão apoio transversal a todos os ciclos de estudos da FEUP.

6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.

The non-teaching personnel assigned to the study cycle is associated with the Department of Electrical and Computer Engineering at FEUP(DEEC), the Information Systems Office (GSI) and FEUP's Academic Services(SERAC). DEEC staff carries out management, administrative support, secretarial and laboratory support activities. DEEC has a full-time staff of 12, including 7 laboratory technicians. GSI staff, 6 in total, support computer labs for teaching tasks. SERAC guarantee activities within the scope of administration, management and support in the area of cycle and study management, the area of access, admission and certification and the area of student management, in accordance with the tutelary instructions and the directives of the Management Bodies, with the relationship with the student being the essential vector of its performance. For the development of these activities, Academic Services have 18 full-time human resources. SERAC and GSI provide transversal support to all study cycles at FEUP.

6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.

Dos 12 recursos humanos afetos ao DEEC Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da FEUP (DEEC) 3 têm mestrado, 7 têm licenciatura e 2 o ensino secundário.

As qualificações dos recursos afetos ao SGI estão distribuídas da seguinte forma: 2 mestrados, 3 licenciaturas, 1 12º ano.

Dos 18 recursos humanos afetos aos Serviços Académicos, 3 possuem mestrado, 11 licenciatura e 4 o ensino secundário. O número de recursos humanos dos Serviços Académicos com formação superior ajusta-se ao aumento

de complexidade do serviço e às suas necessidades, tendo-se verificado uma evolução em termos de habilitações, que se reflete indiretamente na qualidade do trabalho realizado.

6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.

Of the 12 human resources assigned to the DEEC Department of Electrical and Computer Engineering at FEUP (DEEC) 3 have a master's degree, 7 have a "Licenciatura" degree and 2 have a high school diploma.

The qualifications of the resources allocated to GSI are distributed as follows: 2 Master's degree, 3 "licenciatura" degree, 1 high school diploma.

Of the 18 human resources assigned to Academic Services, 3 have a master's degree, 11 have a degree and 4 have a secondary education. The number of human resources in Academic Services with higher education is adjusted to the increased complexity of the service and its needs, with an evolution in terms of qualifications, which is indirectly reflected in the quality of the work performed.

6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

A avaliação de desempenho do Pessoal Não Docente obedece a metodologia e a critérios pré-definidos. Os Trabalhadores em exercício de funções públicas são avaliados de acordo com o Sistema Integrado de Avaliação de Desempenho na Administração Pública (SIADAP), e os Trabalhadores com contrato em regime de direito privado da UP são avaliados de acordo com o Sistema de Avaliação de Desempenho da Universidade do Porto (SIADUP). Promove-se a avaliação de desempenho como instrumento de reconhecimento do mérito e de melhoria da qualidade. Anualmente é definido o plano de formação do pessoal não docente que resulta de levantamentos de necessidades de formação, no sentido de melhorar as qualificações do pessoal não docente.

6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development

The performance evaluation of non-teaching staff follows a predefined methodology and pre-set criteria. Workers in public functions are evaluated according to the Integrated Performance Evaluation System in Public Administration (SIADAP), and workers under a private law contract with UP are evaluated according to the Performance Evaluation System of University of Porto (SIADUP). Performance evaluation is promoted as an instrument for recognizing merit and improving quality. The training plan for non-teaching staff is defined annually, resulting from surveys of training needs, in order to improve the qualifications of non-teaching staff.

7. Instalações e equipamentos

7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):

As instalações físicas afetas ao ciclo de estudos incluem:

- *Biblioteca - Gabinetes de Estudo Individual (1 lugar, 16 salas); Sala de leitura (11 salas).*
- *Sala de Aula - Anfiteatro (53 lugares, 10 salas)*
- *Sala de Aula - Computadores (16-20 lugares, 3 salas)*
- *Sala de Aula - Computadores (24-27 lugares, 14 salas)*
- *Sala de Aula - Teórico Práticas (19-28 lugares, 35 salas)*
- *Salas de Exame (44-89 lugares, 12 salas)*
- *Laboratórios de ensino (24 lugares, 18 salas)*
- *Salas de estudo (abertas 24h)*
 - *1 sala no edifício I, capacidade 60.*
 - *várias salas de estudo no edifício B.*
 - *2 salas para núcleos estudantis, 34m² + 37m²*
- *Oficina de eletrónica*
- *Oficina de eletromecânica*
- *Armazém de componentes eletrónicos*

7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):

The physical facilities assigned to the study cycle include:

- *Library - Individual Study Offices (1 place, 16 rooms); Reading room (11 rooms).*
- *Classroom - Amphitheater (53 seats, 10 rooms)*
- *Classroom - Computers (16-20 seats, 3 classrooms)*
- *Classroom - Computers (24-27 seats, 14 classrooms)*
- *Classroom – Theoretical-Practical (19-28 places, 35 classrooms)*
- *Examination Rooms (44-89 seats, 12 rooms)*
- *Study rooms (open 24h):*
 - *1 room in building I students, capacity 60.*
 - *several study rooms in building B.*
 - *2 rooms for student groups, 34m² + 37m²*
- *Teaching laboratories (24 seats, 18 rooms)*
- *Electronics workshop*

- *Electromechanical workshop*
- *Electronic component warehouse*

7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

Os principais equipamentos e materiais afetos ao ciclo de estudos incluem:

Salas de aula: computadores pessoais, projetores de vídeo, equipamentos de rede;

Laboratórios de ensino: computadores, bancadas e equipamento laboratorial (osciloscópios, geradores de sinal, fontes de alimentação, autómatos programáveis, robôs, kits de desenvolvimento para microcontroladores e FPGAs, equipamento de automação industrial); equipamento específico para redes de computadores (routers, switches) e comunicações óticas (mesas óticas, lasers), licenças de software (e.g., HSPICE, Modelsim, MATLAB).

Biblioteca: Editoras de Revistas Científicas, Bases de Dados Bibliográficas, Enciclopédias e Dicionários, e-Books; repositórios digitais, livros de texto, revistas científicas, acesso on-line a muitos dos recursos (consórcio b-on);

Centro de Informática: pontos de acesso à rede (cabo e sem fios), impressoras em rede, servidores, routers, switches, e cluster com interligação em GRID (64 processadores).

7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

The main equipment and materials used in the study cycle include:

Classrooms: personal computers, video projectors, network equipment;

Teaching laboratories: computers, benches and laboratory equipment (oscilloscopes, signal generators, power supplies, programmable automata, robots, development kits for microcontrollers and FPGAs, industrial automation equipment); specific equipment for laboratories dedicated to computer networks (routers, switches) and optical communications (optical tables, lasers), software licenses (e.g., HSPICE, Modelsim, MATLAB).

Library: Scientific journals, bibliographic databases, encyclopaedias and dictionaries, e-Books, digital repositories, textbooks, including online access to many of these resources (through b-on);

Computer Centre: network access points (cable and wireless), networked printers, servers, routers, switches, and cluster with GRID interconnection (64 processors).

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
INESC TEC - Tecnologia e Ciência / INESC TEC - Institute for Systems and Computer Engineering Technology and Science	Muito Bom	Inesc Tec - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESC TEC)	41	Resultados da Avaliação de Unidades I&D 2017/2018
Centro de Sistemas e Tecnologias (SYSTEC) / Research Center for Systems and Technologies	Muito Bom	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FE/UP)	11	Resultados da Avaliação de Unidades I&D 2017/2018
Centro de Investigação em Sistemas Computacionais Embebidos e de Tempo-Real (CISTER) / Research Centre in Real-Time and Embedded Computing Systems	Excelente	Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP/IPP)	3	Resultados da Avaliação de Unidades I&D 2017/2018
Laboratório Associado de Energia, Transportes e Aeronáutica (LAETA)/ LAETA - ASSOCIATED LABORATORY FOR ENERGY, TRANSPORTS AND AERONAUTICS	Excelente	INEGI - Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial (INEGI/UP)	1	Resultados da Avaliação de Unidades I&D 2017/2018
IT - Instituto de Telecomunicações / Telecommunications Institute	Muito Bom	Instituto de Telecomunicações (IT)	1	Resultados da Avaliação de Unidades I&D 2017/2018
Centro de Astrofísica e Gravitação	Excelente	Associação do Instituto Superior Técnico para a Investigação e o Desenvolvimento (IST-ID)	1	Resultados da Avaliação de Unidades I&D 2017/2018
Centro de Física da Universidade de Coimbra	Muito Bom	Universidade de Coimbra (UC)	2	Resultados da Avaliação de Unidades I&D 2017/2018
Centro de Estudos de Fenómenos de Transporte	Excelente	Faculdade de Engenharia da	1	Resultados da

Centro de Investigação do Território, Transportes e Ambiente / Research Center for territory, transports and Environment - Citta	Excelente	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FE/UP)	1
Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear	Excelente	Instituto Superior Técnico (IST/ULisboa)	2
Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores (LIACC)	Excelente	Universidade do Porto (UP)	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/57697f5b-7332-d220-ee54-5e70ef76d3af>

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/57697f5b-7332-d220-ee54-5e70ef76d3af>

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.

O corpo docente da LiEEC participa e/ou lidera vários projetos de investigação e desenvolvimento e tem diversas relações internacionais. Alguns projetos em que membros do corpo docente da LiEEC participam:

- **INDTECH 4.0- Novas tecnologias para a fabricação inteligente** (POCI-01-0247-FEDER-026653)
- **FEEdBACK - Fostering Energy Efficiency and Behavioural Change through ICT** (EU, 768935)
- **RECLAIM - RE-manufacturing and Refurbishment Large Industrial equipment** (EU, 869884)
- **PRODUTECH SIF - Soluções para a Indústria de Futuro** (POCI-01-0247-FEDER-024541)
- **TEC4SEA - Modular Platform for Research, Test and Validation of Technologies supporting a Sustainable Blue Economy** (NORTE-01-0145-FEDER-022097)
- **Safe Cities - Inovação para Construir Cidades Seguras** (POCI-01-0247-FEDER-041435)
- **BugWright2 - Autonomous Robotic Inspection and Maintenance on Ship Hulls and Storage Tanks** (EU, 871260)
- **CHIC - Cooperative Holistic view on Internet and Content** (POCI-01-0247-FEDER-024498)
- **TexBoost - Less Commodities more Specialities** (POCI-01-0247-FEDER-024523)
- **ScalABLE4.0 - Scalable automation for flexible production systems** (EU, 723658)
- **EU_SYSFLEX - Pan-European system with an efficient coordinated use of flexibilities for the integration of a large share of RES** (EU, 773505)
- **FotoInMotion - Repurposing and enriching images for immersive storytelling through smart digital tools** (EU, 780612)
- **SCREEN-DR - Plataforma de Análise de Imagem e de Aprendizagem Computacional para a Inovação no Rastreamento da Retinopatia Diabética** (CMUP-ERI/TIC/0028/2014)
- **ESGRIDS - Desenvolvimento sustentável da rede elétrica inteligente** (POCI-01-0145-FEDER-016434)
- **NIMAs - Novos Implantes Médicos Eletrônicos Ativos** (POCI-01-0145-FEDER-032348)
- **AQUAMON - Monitorização Confiável em Ambientes Aquáticos com Redes de Sensores sem Fios** (PTDC/CCI-COM/30142/2017)
- **PEPCC - Eficiência Energética e Desempenho para sistemas embarcados e de HPC com CGRAs customizados** (PTDC/EEI-HAC/30848/2017)
- **MaLPIS - Aprendizagem Automática para Detecção de Ataques e Identificação de Perfis Segurança na Internet** (PTDC/EEI-TEL/32454/2017)
- **Stride - Smart Cyberphysical, Mathematical, Computational and Power Engineering Research for Disruptive Innovation in Production, Mobility, Health, and Ocean Systems and Technologies** (NORTE-01-0145-FEDER-000033)

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.

LiEEC's faculty participates and / or leads several research and development projects and has numerous international research connections. Some projects in which LiEEC faculty members participate:

- **INDTECH 4.0- New technologies for intelligent manufacturing** (POCI-01-0247-FEDER-026653)
- **FEEdBACK - Fostering Energy Efficiency and Behavioural Change through ICT** (EU, 768935)
- **RECLAIM - RE-manufacturing and Refurbishment Large Industrial equipment** (EU, 869884)
- **PRODUTECH SIF - Solutions for the Future Industry** (POCI-01-0247-FEDER-024541)
- **TEC4SEA - Modular Platform for Research, Test and Validation of Technologies supporting a Sustainable Blue Economy** (NORTE-01-0145-FEDER-022097)
- **Safe Cities - Innovation to Build Safe Cities** (POCI-01-0247-FEDER-041435)
- **BugWright2 - Autonomous Robotic Inspection and Maintenance on Ship Hulls and Storage Tanks** (EU, 871260)
- **CHIC - Cooperative Holistic view on Internet and Content** (POCI-01-0247-FEDER-024498)
- **TexBoost - Less Commodities more Specialties** (POCI-01-0247-FEDER-024523)
- **ScalABLE4.0 - Scalable automation for flexible production systems** (EU, 723658)
- **EU_SYSFLEX - Pan-European system with an efficient coordinated use of flexibilities for the integration of a large share of RES** (EU, 773505)
- **FotoInMotion - Repurposing and enriching images for immersive storytelling through smart digital tools** (EU, 780612)
- **SCREEN-DR - Image Analysis and Computational Learning Platform for Innovation in the Screening of Diabetic Retinopathy** (CMUP-ERI / TIC / 0028/2014)

- **ESGRIDS - Sustainable development of the smart grid (POCI-01-0145-FEDER-016434)**
- **NIMAs - New Active Electronic Medical Implants (POCI-01-0145-FEDER-032348)**
- **AQUAMON - Reliable Monitoring in Aquatic Environments with Wireless Sensor Networks (PTDC / CCI-COM / 30142/2017)**
- **PEPCC - Energy Efficiency and Performance for embedded and HPC systems with customized CGRAs (PTDC / EEI-HAC / 30848/2017)**
- **MaLPIS - Machine Learning for Attack Detection and Profile Identification Internet Security (PTDC / EEI-TEL / 32454/2017)**
- **Stride - Smart Cyberphysical, Mathematical, Computational and Power Engineering Research for Disruptive Innovation in Production, Mobility, Health, and Ocean Systems and Technologies (NORTE-01-0145-FEDER-000033)**

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:

De acordo com dados da DGES, a percentagem de recém-diplomados (2014-2017) que em 2018 se encontravam registados como desempregados no IEFP era de 1,5% para diplomados do MIEEC, o mesmo que para diplomados na mesma área de formação em todo o ensino superior público.

O inquérito de empregabilidade realizado pela FEUP em 2019 a diplomados do MIEEC no ano letivo 2017/2018 indica que 93% obtiveram emprego até 10 meses após a conclusão do ciclo de estudo (52% ainda antes) em funções total ou parcialmente relacionadas com a área de formação, tendo outros 3% iniciado nova formação.

9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:

According to DGES data, the percentage of recent graduates (2014-2017) who in 2018 were registered as unemployed by the IEFP was 1.5% for MIEEC graduates, the same as for graduates in the same training area throughout public higher education.

The employability survey carried out by FEUP in 2019 to MIEEC graduates in 2017 indicates that 93% obtained employment within 10 months after completing the course (52% even earlier) in functions totally or partially related to the training area, with another 3 % new training started.

9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

Na 1ª fase do concurso nacional de acesso de 2018, o MIEEC teve 789 candidatos para 200 vagas, dos quais 204 em 1ª opção. A classificação do último colocado pelo contingente geral foi de 163,8, a mais elevada do país na área de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. A percentagem de colocados em 1ª ou 2ª opção foi de 87% e a percentagem de colocados do sexo feminino foi de 21%.

Adicionalmente, há uma procura significativa por via de concursos locais, tendo-se verificado em 2019 a colocação de mais 44 candidatos para o 1º ciclo do MIEEC (concurso especial de estudantes internacionais, titulares de cursos de especialização tecnológica, mudança de par instituição/curso, titulares de outros cursos superiores).

Espera-se que estes níveis de procura se mantenham na LiEEC.

9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

In the 1st phase of the 2018 national access competition, MIEEC had 789 candidates, of which 204 were in 1st option, for 200 places. The classification of the last placed by the general contingent was 163.8, the highest in the country in the area of Electrical and Computer Engineering. The percentage of candidates placed in 1st or 2nd option was 87% and the percentage of women placed was 21%.

In addition, there is a significant demand through local competitions, and in 2018, there were 44 additional candidates accepted for the 1st cycle of MIEEC (international students, holders of technological specialization courses, change of institution / course pair, holders of degrees in other areas).

These demand levels are expected to remain the same for LiEEC.

9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

O Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC), que assegura a lecionação da generalidade das UCs da LiEEC nas áreas científicas da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, tem diversas ligações a nível de ensino (oferta de ciclos de estudos em parceria, palestras convidadas) e investigação (em projetos e unidades de investigação) com outras instituições de ensino superior da região (nomeadamente com as Universidades do Minho, UTAD e Aveiro e o Instituto Politécnico do Porto) e com outras escolas da UP (nomeadamente com as Faculdades de Ciências, Economia, de Belas Artes e de Letras), as quais terão impacto na LiEEC. A LiEEC tem também algumas UCs em comum com a Licenciatura em Engenharia Física da UP.

9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

The Department of Electrical and Computer Engineering (DEEC), which supports the teaching of most UCs of LiEEC in the scientific areas of Electrical and Computer Engineering, has several educational (offering study cycles in partnership, invited lectures) and research links (in projects and research units) with other higher education institutions in the region (namely with the Universities of Minho, UTAD and Aveiro and the Polytechnic Institute of Porto) and with other UP schools (namely with the Faculties of Science, Economics, Fine Arts and Literature), which

will have an impact on LiEEC. LiEEC also has some UCs in common with the “Licenciatura” in Physical Engineering (from UP).

10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço europeu

10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com duração e estrutura semelhantes à proposta:

No top 100 do “QS World University Rankings 2018”, área de “Engineering- Electrical and Electronic”, encontram-se instituições com CEs de duração igual e estrutura similar à LiEEC (em graus variados), como:

- TU Munich – BSc in Engineering Sciences – 6 semestres, 210 ECTS; UCs de 5 a 8 ECTS similares às da LiEEC, mas com algumas UCs de outras áreas da Engenharia; UCs optativas de soft skills similares às Competências Transversais na LiEEC; projeto e tese finais no 3º ano.
- ETH Zurich – BSc in Electrical Eng. and Inf. Tech. – 6 semestres, 180 ECTS; UCs de 4 a 8 ECTS; dois anos comuns e um ano de especialização numa de 5 áreas (quatro são cobertas pela LiEEC).
- UPM – 1º ciclo em Engenharia Elétrica- 6 semestres, 180 ECTS; UCs entre 4,5 e 7,5 ECTS; todas obrigatórias; ênfase em Automação e Energia.
- Politécnico di Milano - BSc Electrical Engineering. 6 semestres, 180 ECTS; UCs de 8 a 12 ECTS; estágio final ao longo do último ano.

Outros exemplos: Imperial College London; TU Delft.

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

In the top 100 of “QS World University Rankings 2018”, in the “Engineering-Electrical and Electronic” area, there are institutions with CEs of equal duration and structure similar to LiEEC (in varying degrees), such as:

- TU Munich - BSc in Engineering Sciences - 6 semesters, 210 ECTS; UCs of 5 to 8 ECTS similar to those of LiEEC, but with some UCs from other areas; small optional UCs similar to Transferrable Skills; thesis in the 3rd year.
- ETH Zurich - BSc in Electrical Eng. And Inf. Tech. - 6 semesters, 180 ECTS; UCs from 4 to 8 ECTS; 2 common years and 1 year of specialization in 1 of 5 areas (four covered by LiEEC).
- UPM - 1st cycle in Electrical Engineering - 6 semesters, 180 ECTS; UCs between 4.5 and 7.5 ECTS; all mandatory; emphasis on Automation and Energy.
- Politécnico di Milano - BSc Electrical Engineering. 6 semesters, 180 ECTS; UCs from 8 to 12 ECTS; final internship throughout the last year in parallel with other courses.

Other examples: Imperial College London, TU Delft.

10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

Os objetivos dos 1º ciclos em EEC no Espaço Europeu do Ensino Superior partilham muitos objetivos comuns. Dois exemplos em que tópicos, capacidades e competências se mapeiam muito diretamente na LiEEC são o Politécnico di Milano e o ETH de Zurique. O 1º afirma: “The undergraduate programme in Electrical Engineering develops over three years and requires the student to earn 180 credits. This programme is aimed at forming students with sufficient knowledge to master the typical basic methods and notions of Electrical Engineering, in order to form professionals able to address the typical basic design issues.”

Já o 2º afirma: “The course teaches the basics of broad-based engineering training on a scientific basis. These basics include in-depth knowledge of mathematics, physics, computer science, electrical engineering, electronics, signal and system theory as well as methodological and scientific thinking, practical skills and social skills.”

A correspondência com a LiEEC é direta.

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

The objectives of the 1st cycle courses in ECE in the European Higher Education Area share many common objectives. Two examples in which topics, skills and competences map very directly to LiEEC are the Politécnico di Milano and the ETH Zurich. The 1st states: “The undergraduate programme in Electrical Engineering develops over three years and requires the student to earn 180 credits. This programme is aimed at forming students with sufficient knowledge to master the typical basic methods and notions of Electrical Engineering, in order to form professionals able to address the typical basic design issues.”

The second states: “The course teaches the basics of broad-based engineering training on a scientific basis. These basics include in-depth knowledge of mathematics, physics, computer science, electrical engineering, electronics, signal and system theory as well as methodological and scientific thinking, practical skills and social skills.”

The correspondence to LiEEC is straightforward.

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 - n.a.****11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:***n.a.***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:

<sem resposta>

11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:

<no answer>

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:**

- *Formação com bases sólidas nas ciências básicas que facilita a adaptação dos graduados às evoluções tecnológicas ao longo da vida profissional.*
- *Formação de espectro largo na área da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores que se tem revelado adaptada ao mercado de trabalho.*
- *O reforço da existência de unidades curriculares e atividades incluídas em UCs que proporcionam formação em áreas não técnicas.*
- *Existência no âmbito do DEEC de atividades extracurriculares de índole diversa que contribuem para uma formação diversificada dos estudantes.*

- *Elevada procura no concurso nacional de acesso e capacidade de atrair os melhores estudantes na área.*
- *Elevada empregabilidade dos graduados da FEUP em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.*
- *Elevada reputação da FEUP a nível nacional e internacional.*
- *Corpo docente com grande experiência de ensino e I&D&T.*
- *Bom apoio de secretariado com elevada experiência.*

12.1. Strengths:

- *Training with solid foundations in the basic sciences, in order to facilitate the adaptation of graduates to developments and technological changes throughout professional life.*
- *Broad coverage in the area of Electrical and Computer Engineering which has been well-received by the labour market.*
- *The reinforcement of training in non-technical areas.*
- *Existence within the DEEC of diverse extracurricular activities that contribute to a diversified training of the students.*
- *High demand in the national access competition and ability to attract the best students in the domain.*
- *High employability of FEUP graduates in Electrical and Computer Engineering;*
- *FEUP's high reputation at national and international level.*
- *Faculty with extensive teaching experience and R&D&T.*
- *Good secretarial support with high experience.*

12.2. Pontos fracos:

- *Dado o carácter generalista do ponto de vista da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, o ciclo de estudos não proporciona especializações que outros ciclos de estudo podem oferecer.*
- *Dificuldade em tornar as aulas teóricas em espaços atraentes de aprendizagem efetiva.*
- *Taxa de respostas aos inquéritos pedagógicos relativamente baixa.*
- *Elevadas taxas de insucesso nos estudantes que ingressam por concursos locais ou contingentes especiais.*
- *Percentagem reduzida de estudantes do sexo feminino (21% dos ingressos em 2018).*
- *Idade média elevada do corpo docente.*

12.2. Weaknesses:

- *Given the generalist character of the curriculum (from the point of view of Electrotechnical and Computer Engineering), the programmes does not provide specializations that other programmes may offer.*
- *Difficulty in turning theoretical classes into attractive, effective learning spaces.*
- *Response rate to educational surveys relatively low.*
- *High failure rates in students who enter through local competitions or special contingents.*
- *Reduced percentage of female students (21% of selected candidates in 2019).*
- *High average age of the teaching staff.*

12.3. Oportunidades:

- *Crescente importância de áreas da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores para a sociedade e a cidadania;*
- *Grande procura de profissionais na área, com as necessidades do mercado a superarem a oferta.*
- *Contexto favorável à atração de estudantes internacionais, nomeadamente dos países de língua oficial portuguesa, e para intercâmbio internacional de estudantes;*
- *Possibilidade de tirar maior partido das tecnologias de informação e metodologias de ensino-aprendizagem centradas no estudante para agilizar/otimizar processos pedagógicos e administrativos;*
- *Projeto integrador no final do 1º ciclo proporciona uma oportunidade de contacto com a realidade da indústria e de estabelecimento de parcerias com empresas e outras instituições;*
- *Elevado número de alumni em posições de destaque em empresas nacionais e internacionais.*

12.3. Opportunities:

- *Growing importance of areas of Electrical and Computer Engineering for society and citizenship;*
- *Great demand for professionals in the area, with market demand exceeding the supply.*
- *Context favorable to attract more international students, namely from Portuguese speaking countries, and more international exchange of students;*
- *Possibility to take better advantage of information technologies and teaching-learning methodologies cantered on the student to streamline / optimize pedagogical and administrative processes;*
- *Capstone project at the end of the 1st cycle provides an opportunity to contact the reality of the industry and to establish partnerships with companies and other institutions;*
- *High number of alumni in prominent positions in national and international companies.*

12.4. Constrangimentos:

- *Oferta limitada e a custos elevados de alojamentos para estudantes.*
- *Limitações das instalações limitam os espaços de estudo disponibilizados aos estudantes.*
- *Evolução demográfica com redução de estudantes a ingressar no ensino superior.*
- *Redução do financiamento para o Ensino Superior Público poderá limitar crescimento e capacidade de dar resposta às necessidades do mercado.*
- *Perspetiva de crescente concorrência nacional e no espaço Europeu na área do ensino universitário.*

12.4. Threats:

- *Limited and expensive accommodations for students.*
- *Space limitations restrict the study spaces available to students.*
- *Demographic evolution causing a reduction of students entering higher education.*
- *Reduced funding for Public Higher Education may limit growth and the capacity to respond to market needs..*
- *Perspective of stronger national and European competition in the area of university education.*

12.5. Conclusões:

A crescente importância da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (EEC) para a sociedade, a capacidade instalada e experiência acumulada no ensino da EEC na FEUP, a reputação nacional e internacional da FEUP, e a significativa procura por parte dos estudantes, permitem-nos ter confiança de que, através da LiEEC, a FEUP continuará a prestar um contributo decisivo à sociedade.

Prevê-se que algumas das atuais limitações de espaços para estudantes sejam ultrapassadas nos próximos anos. Espera-se também que a política de gestão de recursos humanos pela FEUP permita renovar o corpo docente. O reforço da ligação às empresas a nível institucional (por exemplo, através do programa “FEUP Prime”) deve ser aproveitado para manter em primeiro plano a realidade empresarial, mesmo num 1º ciclo.

12.5. Conclusions:

The growing importance of Electrical and Computer Engineering (EEC) for society, the installed capacity and accumulated experience in teaching EEC at FEUP, the national and international reputation of FEUP, and the significant demand on the part of prospective students, allow us to have confidence that, through LiEEC, FEUP will continue to make a decisive contribution to society.

Some of the current student space limitations are expected be solved in the next few years. It is also expected that the human resources management policy by FEUP will make it possible to renew the faculty staff. The reinforcement of the connection to companies at the institutional level (for example, through the “FEUP Prime” program) must be used to keep the business reality in the foreground, even in a 1st cycle course.