

# NCE/19/1900120 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

---

## 1. Caracterização geral do ciclo de estudos

### 1.1. Instituição de Ensino Superior:

*Instituto Politécnico De Lisboa*

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

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

*Instituto Superior De Engenharia De Lisboa*

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

### 1.3. Designação do ciclo de estudos:

*Engenharia Física Aplicada*

### 1.3. Study programme:

*Applied Physical Engineering*

### 1.4. Grau:

*Licenciado*

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

*Engenharia Física*

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

*Physical 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):

*520*

### 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:

*441*

### 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:

40

**1.10. Condições específicas de ingresso.***Provas de Ingresso:**Matemática A (19) e Física e Química (07)**Nota de candidatura: 100 pontos**Provas de Ingresso: 95 pontos**Fórmula de cálculo:**Média do secundário: 50%**Prova de ingresso: 50%***1.10. Specific entry requirements.***Admission exams:**Mathematics A (19) e Physics and Chemistry (07)**Application grade: 100 pontos**Entrance exams: 95 pontos**Final grade calculation:**High School: 50%**Admission Exams: 50%**(1000 caracteres)***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:***Instituto Superior De Engenharia De Lisboa***1.12. Premises where the study programme will be lectured:***Instituto Superior De Engenharia De Lisboa***1.13. Regulamento de creditação de formação académica e de experiência profissional, publicado em Diário da República (PDF, máx. 500kB):**[1.13.\\_Reg. de Creditação nov2015\\_DR.pdf](#)**1.14. Observações:***<sem resposta>***1.14. Observations:***<no answer>*

## 2. Formalização do Pedido

### Mapa I - Conselho Técnico-Científico

---

**2.1.1. Órgão ouvido:***Conselho Técnico-Científico***2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):**[2.1.2.\\_extrato ata ctc.pdf](#)

### Mapa I - Conselho Pedagógico

---

**2.1.1. Órgão ouvido:***Conselho Pedagógico*

- 2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):  
[2.1.2.\\_extrato\\_ata\\_cp.pdf](#)

## Mapa I - Conselho de Gestão

---

- 2.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho de Gestão*

- 2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):  
[2.1.2.\\_extrato\\_ata\\_cg.pdf](#)

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

- 3.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

*O ciclo de estudos de Licenciatura em Engenharia Física Aplicada (LEFA) visa formar alunos com elevadas competências práticas em Física e Engenharia.*

*Sendo essencialmente uma formação sustentada numa forte componente laboratorial, a LEFA pretende oferecer igualmente aos seus alunos uma base científica sólida em Matemática, Física e Ciências de Engenharia.*

*Pretende-se que os graduados da LEFA tenham uma visão empreendedora e aplicada, e que saibam criar produtos de engenharia criativos e inovadores, adaptados às actuais necessidades da sociedade e do ambiente. Os graduados da LEFA estarão também aptos a exercer atividade profissional em laboratórios e centros de I&D, em entidades de regulação e acreditação, no ensino e na indústria, no sector tecnológico e financeiro.*

- 3.1. The study programme's generic objectives:

*The Degree Programme in Applied Physical Engineering (LEFA) will equip students with sound practical skills in physics and engineering.*

*LEFA is intrinsically laboratory-based and will also provide a strong background in mathematics, physics and engineering sciences.*

*LEFA graduates will be entrepreneurs with an applied outlook, and therefore able to generate creative and innovative engineering solutions to today's societal and environmental needs.*

*In addition, LEFA graduates will be qualified to work in laboratories and R&D centres, monitoring and accreditation organizations, education and industry, as well as in technology-based businesses and the financial sector.*

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

*O curso foi concebido em torno de várias unidades curriculares muito práticas, laboratoriais, computacionais ou de gestão de projecto, todas elas necessárias ao desenvolvimento de produto.*

*Pretende-se que os alunos tenham fortes competências laboratoriais, e que consigam eles próprios experimentar novas ideias com os recursos electrónicos e informáticos hoje em dia muito acessíveis.*

*Paralelamente, espera-se que os alunos adquiram conhecimentos sólidos de Física e de Engenharia, que lhes permitam compreender a ciência por detrás das experiências e dispositivos laboratoriais com que irão lidar ao longo do curso.*

*Este conhecimento transversal permitirá aos alunos ganhar a versatilidade necessária para responder aos desafios duma sociedade cada vez mais tecnológica e em constante mudança.*

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

*This degree programme is underpinned by a number of very practical laboratory, computation or project management courses, all of which are prerequisites for product development.*

*Students will acquire strong laboratory skills that will enable them to try out new ideas using today's very affordable electronic and computer resources.*

*Students are also expected to gain a sound knowledge of physics and engineering behind the experiments and laboratory devices they will encounter throughout their degree programme.*

*These transferable skills will equip students with the versatility needed to respond to the challenges of an increasingly technological and ever-changing society.*

- 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:

*O Instituto Politécnico de Lisboa (IPL) tem como missão produzir, ensinar e divulgar conhecimento, bem como prestar serviços à comunidade, contribuindo para a sua consolidação como instituição de referência nos planos nacional e internacional. Em particular, o Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), como escola de tecnologias e engenharia de referência no ensino superior, tem como missão a promoção da qualidade e inovação do ensino e da investigação nestas áreas, valorizando sempre uma maior proximidade às mais recentes necessidades da sociedade e das empresas.*

*O plano estratégico do ISEL para 2016-2019 aposta claramente em "Potenciar a atual oferta formativa, para afirmar o ISEL como uma referência no ensino da engenharia respondendo às solicitações da sociedade" e "Incrementar a oferta formativa conferente de grau académico, potenciando a multidisciplinaridade existente no ISEL". Neste âmbito, a criação da nova Licenciatura em Engenharia Física Aplicada enquadra-se perfeitamente nestas linhas estratégicas.*

*Por adquirirem uma forte base científica de Física, fundamental e transversal a todas as Ciências de Engenharia, os graduados estarão aptos a enfrentar qualquer tipo de solicitação criada pelo tecido empresarial em que se venham a inserir. A visão empreendedora e a capacidade prática adquiridas, em particular nas UCs laboratoriais ao longo do curso, permitirá aos graduados da LEFA proporem respostas inovadoras a novos problemas que lhes sejam colocados.*

*Por outro lado, a aposta num conhecimento de Física sólido num contexto prático de Engenharia permite dinamizar, valorizar e fortalecer a oferta formativa do ISEL, potenciando a já referida multidisciplinaridade.*

### **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 mission of the Lisbon Polytechnic Institute (IPL) is to produce, teach and disseminate knowledge, as well as serve the community. By these means it aims to consolidate its position as a leading higher education institution, both nationally and internationally. In particular ISEL, as IPL's School of Engineering and Technology, has as its mission to promote quality and innovation in teaching and research, especially in response to the needs of society and businesses.*

*ISEL's strategy for 2016-2019 has a clear aim to "enhance the range of educational programmes offered in order to establish ISEL as a leading engineering school in response to society's needs" and to "increase the number of degree-awarding programmes by strengthening multidisciplinarity within ISEL". The proposed degree programme in Applied Physical Engineering is perfectly fit for both these purposes.*

*Thanks to their strong background in fundamental physics - which is common to all fields of engineering - LEFA graduates will be prepared to meet all challenges that may arise once they have joined a company. Their entrepreneurial outlook and the practical skills they acquired through laboratory-based instruction throughout their degree programme will enable them to provide innovative solutions to any new problems they may encounter.*

*On a different note, endorsing a strong, physics-based curriculum within a practical engineering context will revitalise, enrich and enhance ISEL's range of training programmes by strengthening its multidisciplinarity.*

## **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:

<sem resposta>

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

---

Mapa II -

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

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

#### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Matemática / Mathematics	MAT	30	0	Ver / See 4.7
Física / Physics	FIS	36	0	Ver / See 4.7
Informática / Computing	INF	6	0	Ver / See 4.7
Engenharia Física / Physical Engineering	ENG FIS	72	0	Ver / See 4.7
Química / Chemistry	QUI	6	0	Ver / See 4.7
Engenharia Mecânica / Mechanical Engineering	ENG MEC	6	0	Ver / See 4.7
Outras / Others	OUT	12	0	Ver / See 4.7
<b>(7 Items)</b>		<b>168</b>	<b>0</b>	

#### 4.3 Plano de estudos

##### Mapa III - - 1 ano, 1 semestre

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

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

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

*1 ano, 1 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)
Álgebra e Geometria / Algebra and Geometry	MAT	Semestre	162	TP - 90	6	
Análise / Analysis	MAT	Semestre	162	TP - 90	6	
Mecânica, Vibrações e Ondas / Mechanics, Vibrations and Waves	FIS	Semestre	162	T - 45; TP - 16,5; PL - 6	6	
Ferramentas Computacionais / Computational Tools	INF	Semestre	162	TP - 67,5	6	
Oficinas de Engenharia Física 1/ Engineering Physics Workshops 1	ENG FIS	Semestre	162	T - 22,5; PL - 45	6	
<b>(5 Items)</b>						

##### Mapa III - - 1 ano, 2 semestre

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

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

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

*1 ano, 2 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)
Cálculo Vetorial / Vector Calculus	MAT	Semestre	162	TP - 90	6	
Estatística / Statistics	MAT	Semestre	162	TP - 90	6	
Termodinâmica / Thermodynamics	FIS	Semestre	162	T - 45; TP - 16,5; PL - 6	6	
Química Geral / General Chemistry	QUI	Semestre	162	T - 45; TP - 10,5; PL - 12	6	
Oficinas de Engenharia Física 2/ Engineering Physics Workshops 2	ENG FIS	Semestre	162	TP - 12; PL - 33	6	

**(5 Items)**

**Mapa III - - 2 ano, 1 semestre****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***2 ano, 1 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)
Equações Diferenciais e Transformadas / Differential Equations and Transforms	MAT	Semestre	162	TP - 90	6	
Campos e Ondas Eletromagnéticas / Electromagnetic Fields and Waves	FIS	Semestre	162	T - 45; TP - 16,5; PL - 6	6	
Ciência e Engenharia dos Materiais / Materials Science and Engineering	ENG FIS	Semestre	162	T - 45; TP - 19,5; PL - 3	6	
Ferramentas de Modelação Geométrica / Geometric Modeling Tools	ENG MEC	Semestre	162	TP - 67,5	6	
Oficinas de Engenharia Física 3/ Engineering Physics Workshops 3	ENG FIS	Semestre	162	TP - 12; PL - 33	6	

**(5 Items)**

**Mapa III - - 2 ano, 2 semestre****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

*2 ano, 2 semestre***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

<b>Unidade Curricular / Curricular Unit</b>	<b>Área Científica / Scientific Area (1)</b>	<b>Duração / Duration (2)</b>	<b>Horas Trabalho / Working Hours (3)</b>	<b>Horas Contacto / Contact Hours (4)</b>	<b>ECTS</b>	<b>Observações / Observations (5)</b>
Física da Deformação e Escoamento / Physics of Deformation and Flow	ENG FIS	Semestre	162	T - 45; TP - 16,5; PL - 6	6	
Modelação em Física e Engenharia / Modeling in Physics and Engineering	ENG FIS	Semestre	162	TP - 67,5	6	
Introdução à Física Moderna / Introduction to Modern Physics	FIS	Semestre	162	T - 45; TP - 16,5; PL - 6	6	
Gestão e Avaliação de Projetos / Project Management and Evaluation	OUT	Semestre	162	T - 67,5	6	
Oficinas de Engenharia Física 4 / Engineering Physics Workshops 4 <b>(5 Items)</b>	ENG FIS	Semestre	162	TP - 12; PL - 33	6	

**Mapa III - - 3 ano, 1 semestre****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***3 ano, 1 semestre***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

<b>Unidade Curricular / Curricular Unit</b>	<b>Área Científica / Scientific Area (1)</b>	<b>Duração / Duration (2)</b>	<b>Horas Trabalho / Working Hours (3)</b>	<b>Horas Contacto / Contact Hours (4)</b>	<b>ECTS</b>	<b>Observações / Observations (5)</b>
Física Estatística Computacional / Computational Statistical Physics	FIS	Semestre	162	TP - 67,5	6	
Óptica e Lasers / Optics and Lasers	ENG FIS	Semestre	162	T - 45; TP - 16,5; PL - 6	6	
Opção 1 / Option 1	-	Semestre	162	-	6	Ver / See 4.7
Opção Competência Transversal / Broad Skill Option	OUT	Semestre	162	-	6	Ver / See 4.7
Introdução ao Projeto / Introduction to the Project <b>(5 Items)</b>	ENG FIS	Semestre	162	TP - 22,5; S - 9 OT - 15	6	

**Mapa III - - 3 ano, 2 semestre****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***3 ano, 2 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)
Introdução à Física da Terra e do Espaço / Introduction to the Physics of the Earth and Space	FIS	Semestre	162	T - 45; TP - 22,5	6	
Opção 2 / Option 2	-	Semestre	162	-	6	Ver / See 4.7
Projeto / Project (3 Items)	ENG FIS	Semestre	486	OT - 45	18	

**4.4. Unidades Curriculares****Mapa IV - Álgebra e Geometria****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Álgebra e Geometria***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Algebra and Geometry***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***MAT***4.4.1.3. Duração:***semestre***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 90***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Laura Cristina Teixeira Iglésias Charters de Azevedo, 90***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Após aprovação na unidade curricular, o aluno deverá:**-Operar com matrizes, determinantes e resolver sistemas de equações lineares;*

- Identificar as estruturas vetoriais e afins;
- Dominar os conceitos chave do cálculo vetorial (produto interno, externo e misto) e as suas aplicações à geometria analítica;
- Identificar as transformações geométricas básicas e operar matricialmente com elas;
- Determinar valores e vetores próprios e diagonalizar uma matriz/transformação linear;
- Calcular fatorizações de matrizes;
- Usar ferramentas computacionais na resolução de problemas de álgebra, geometria e suas aplicações.

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

*After the student is approved, he should be able to:*

- Compute with matrices and determinants and solve systems of linear equations;
- Recognize vector and affine spaces;
- Master the key concepts of vector calculus (inner, cross and triple product) and its applications to coordinate geometry;
- Identify basic geometric transformations and know how to compute with them using matrices; -Compute eigenvalues and eigenvectors and diagonalize a matrix/linear transformation;
- Factorize matrices;
- Use computational tools to solve problems in algebra, geometry and their applications.

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Matrizes: operações com matrizes; aplicação à resolução de sistemas lineares; inversão de matrizes.
2. Determinantes: definição e propriedades; métodos de cálculo (teorema de Laplace e cálculo abreviado).
3. Espaços vetoriais: definição e exemplos; combinações lineares, independência linear; subespaços; bases, dimensão e mudança de base.
4. Cálculo vetorial: produto interno, norma, ângulo; produto externo, produto misto e aplicações ao cálculo de áreas e volumes; método de ortogonalização de Gram-Schmidt.
5. Espaços afins: definição e exemplos; espaços euclidianos e aplicações do cálculo vetorial à geometria analítica.
6. Transformações geométricas: transformações lineares e afins, representação matricial; análise das isometrias e semelhanças do plano e do espaço tridimensional.
7. Fatorizações de matrizes: cálculo de valores e vetores próprios e diagonalização; fatorizações clássicas; aplicação ao estudo de cónicas e quádras e à decomposição de transformações geométricas.

#### 4.4.5. Syllabus:

1. Matrices: matrix operations; systems of linear equation; inverse of a matrix.
2. Determinants: definition and properties; methods of evaluating determinants.
3. Vector spaces. definition and examples; linear combinations and linear dependence; subspaces; basis and dimension; change of basis.
4. Vectorial calculus: inner product, norm, angles; cross product, scalar triple product and geometrical applications.
5. Affine and euclidean spaces: definition and examples; applications of vector calculus to coordinate geometry.
6. Linear and affine transformations: definition and examples; matrix representations; isometries and similarities in plane and tridimensional geometry.
7. Matrix decompositions: eigenvalues, eigenvectors and diagonalization; classical decompositions; applications to conics, quadrics and geometric transformations.

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

*Nas áreas das ciências e engenharia os conceitos e ferramentas de álgebra linear e de geometria analítica são amplamente utilizados. Esta unidade curricular pretende dar uma formação básica em álgebra linear (objetivos 1, 2, 4, e 5 cumpridos nos conteúdos programáticos 1, 2, 3, 5, 6 e 7) e geometria analítica (objetivos 3 e 4 cumpridos nos conteúdos programáticos 5, 6 e 7) com especial ênfase na linguagem de teoria de matrizes (objetivos 1, 4, 5 e 6 cumpridos nos conteúdos programáticos 1, 6 e 7) e no uso de ferramentas computacionais (objetivo 7, transversal ao curso).*

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

*Tools from Linear Algebra and Coordinate Geometry are widely used in modelling throughout science and engineering. The curricular unit aims to provide basic knowledge in linear algebra (learning outcomes 1, 2, 4 and 5 are covered by sections 1, 2, 3, 4, 6 and 7 of the syllabus), coordinate geometry (learning outcomes 3 and 4 are covered by sections 5, 6 and 7 of the syllabus). Special emphasis will be given to matrix theory (learning outcomes 1, 4, 5, 6 are covered by sections 5, 6, 7 of the syllabus) and computational tools (learning outcome 7, which is common to the whole program).*

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

*Ensino teórico-prático, estando previstas 90h de contacto. O tempo total de trabalho do estudante é de 162h.*

*Nas aulas teórico-práticas são apresentados os conceitos teóricos acompanhados de exemplos/exercícios concretos de aplicação. As aulas práticas são dedicadas à resolução de exercícios de aplicação direta e à resolução de problemas, individualmente ou em grupo, nos quais é dado especial ênfase a problemas aplicados.*

*A avaliação de conhecimentos compreende dois elementos: a média das classificações obtidas em trabalhos a realizar periodicamente nas aulas práticas (NP) e uma prova teórico-prático global (NT), a qual pode ser realizada tanto em período de aulas como em período de exame. A nota final do aluno, NF, será obtida através da fórmula:*

$$NF=0,7NT+0,3NP .$$

*Para obter aprovação na UC o aluno deve obter uma nota mínima de 9,5 valores em NT e NF.*

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

*There will be both theoretical and practical components in the teaching. A total of 90h of classes will be scheduled. The total student work time is 162h.*

*The theory will be presented together with examples and exercises involving concrete applications in the lectures/recitations. some lecturers will be devoted to the solution of exercises applying the theory learned in class. Individual or group work on problems directly related to applications will be emphasized.*

*The course assessment will have two components. The first is the average grade (NP) obtained in small projects to be completed in the laboratory classes. The second component is the grade in a final exam (NT) which can be taken either in class, or during the exam periods. The final grade, NF, will be computed by the formula*

$$NF=0.7NT+0.3NP .$$

*In order to pass this course, the student should obtain a minimum grade of 9.5 in both NT and NF.*

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

*Nas aulas teórico-práticas são expostos os conteúdos programáticos e são fornecidas listas de exercícios diversificados e com diferentes graus de dificuldade que permitem ao aluno acompanhar todos os tópicos da matéria. A apresentação de aplicações a problemas de engenharia e outros da “vida real” motiva a aprendizagem proporcionando ao aluno uma visão inicial das aplicações da matemática (objetivos de 1 a 6).*

*As aulas práticas permitem ao aluno consolidar os seus conhecimentos e desenvolver as suas capacidades ao nível da autonomia e da modelação e resolução de problemas (objetivos 1 a 7). A inclusão de problemas que recorram a ferramentas computacionais permite ao aluno familiarizar-se com estas em situações relativamente simples, adequadas à fase inicial do curso (objetivo 7).*

*A avaliação é dividida em dois elementos: um teste final teórico-prático (avalia o cumprimento dos objetivos de 1 a 6) e a realização periódica de trabalhos presenciais (avalia o cumprimento dos objetivos de 1 a 7). O recurso a trabalhos para avaliação permite um melhor acompanhamento do desenrolar da matéria e desenvolve as capacidades de análise, reflexão e crítica do aluno.*

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

*The lecture/recitations present the theory and illustrate the solution of diverse types of problem with varying degree of difficulty. This combination will help the student follow the material presented in class. The presentation of applications to engineering and "real life" problems will increase motivation and give students an introduction to the applications of the theory described in goals 1-6 above. The practical classes will allow the students to consolidate their knowledge and develop their autonomy in problem modeling and solving (goals 1-7). The inclusion of simple appropriate problems for beginning students, requiring the use of computational tools, will serve to familiarize them with these tools (goal 7). The assessment will have two components: a final exam (assessing the achievement of goals 1 through 6) and in class projects (assessing the achievement of goals 1 through 7). The projects will help the student follow the material presented in class and develop their analytical and critical thinking skills.*

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

*Santana, A. P., Queiró, J. P., “Introdução à Álgebra Linear”, Gradiva, 2010.*

*Anton, H., Rorres, C., “Elementary Linear Algebra: Applications Version”, Wiley, 10th edition, 2010. Farin, G., Hansford, D., “Practical Linear Algebra – A Geometry Toolbox”, 3rd edition, CRC Press, 2014. Lay, D., “Linear Algebra and its Applications”, Pearson, 4th edition, 2011.*

*Poole, D., “Linear Algebra: a modern introduction”, Brooks/Cole, 4th edition, 2014.*

*Strang, G., “Linear Algebra and its Applications”, Brooks/Cole, 4th edition, 2005.*

### **Mapa IV - Análise**

#### **4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Análise*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:***Analysis***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***MAT***4.4.1.3. Duração:***semestre***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP - 90***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Filipe Cal, 90***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- 1. Manipular propriedades de funções elementares.*
- 2. Compreender os conceitos de cálculo diferencial necessários para o estudo de funções; relacionar derivada com aproximação afim e velocidade.*
- 3. Compreender a construção do pol. de Taylor como fundamental para aproximar funções com características localizadas num ponto e saber generalizar a noção de aproximação polinomial noutros contextos.*
- 4. Interpretar séries de potências como limite de polys. de Taylor, usar critérios de convergência e conhecer os principais desenvolvimentos notáveis.*
- 5. Usar métodos de primitivação como ferramenta básica para o cálculo integral. Associar o valor de integral de uma função com a sua média. Manipular integrais indefinidas e impróprias.*
- 6. Resolver eqs. dif. de variáveis separadas e lineares de 1ª ordem, como casos particulares de integração direta.*
- 7. Compreender modelos de aplicações de eqs. dif., e interpretar resultados no contexto em que se inserem.*

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

- 1. To know basic functions' properties.*
- 2. To understand the differential calculus concepts necessary for the study of functions; to relate derivative with linear approximation and velocity.*
- 3. To understand Taylor expansion as a key tool to approximate functions with features located at a point and to be able to generalize the notion of polynomial approximation in other contexts.*
- 4. To associate power series with the limit of Taylor expansions, to use convergence criteria and to know power series expansions.*
- 5. To manipulate antiderivative methods as a basic tool for integral calculus. To associate the value of the integral of a function with its average and to know the basic applications. Manipulate indefinite and improper integrals.*
- 6. To solve separable differential equations and 1st order linear equations, as particular cases of direct integration.*
- 7. To understand application models leading to differential equations and to interpret results in their context.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Funções: Propriedades fundamentais de funções reais de variável real. Noções topológicas, limite e continuidade.*
2. *Diferenciabilidade: Teorema de Lagrange. Monotonia e extremos em intervalos limitados e não limitados. Indeterminações e regra de Cauchy. Fórmula de Taylor. Série de Taylor, séries de potências e séries numéricas. Critérios de convergência e de comparação para séries numéricas, intervalos de conv. e desenvolvimentos notáveis.*
3. *Cálculo integral: Integral de Darboux. Teorema da média. Integral indefinido. Teorema fund. do cálc. integral. Regra de Barrow. Primitivas imediatas e por decomposição de frações racionais. Aproximação polinomial por interpolação e integração nos casos de grau 2 e 3. Integração por partes e substituição. Integrais impróprios.*
4. *Eq. dif. ordinárias: Problemas de valores iniciais de 1ª ordem; existência e unicidade. Eqs. difs. de variáveis separáveis e lineares de 1ª ordem.*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Functions: Basic properties of real variable functions. Topological notions, limits and continuity.*
2. *Differential calculus: Lagrange's Theorem. Monotonicity and extrema in bounded and unbounded intervals. Indeterminate expressions and l'Hôpital's rule. Taylor polynomial and Taylor power series expansion, power series and numerical series. Convergence and comparison criteria, convergence intervals and main expansions.*
3. *Integral calculus: Darboux integral. Mean value theorem. Indefinite integral. Fundamental theorem of calculus. Barrow's rule. Integrations techniques. Polynomial approximation by interpolation and integration in cases of degrees 2 and 3. Integration by parts and substitution. Improper integrals.*
4. *Ordinary differential equations: 1st order initial value problems; Existence and uniqueness of solution. Separable variables and 1st order linear differential equations.*

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

*O objetivo 1 é atingido com o estudo do primeiro capítulo dos conteúdos programáticos, onde alguns dos conhecimentos que os alunos trazem da formação de base são sistematizados e reorganizados. Os objetivos 2, 3 e 4 são trabalhados no segundo capítulo, onde se procura dar ao aluno a capacidade de extrair informação vital do comportamento de funções em termos de variação e possibilitar a previsão de comportamentos quando a informação disponível não é total. O objetivo 5, de cariz mais técnico, é trabalhado no terceiro capítulo. No quarto capítulo, aplicam-se os conhecimentos adquiridos no terceiro capítulo através da resolução de alguns tipos de equações diferenciais, que tanto permitem trabalhar o sexto como o sétimo objetivos da unidade curricular.*

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

*Goal 1 is reached with the study of the first chapter of the syllabus, where the students' background is systematized and reorganized. Goals 2, 3 and 4 are met in the second chapter, which intends to give the student the ability to extract vital information about functions from its variation and how to predict its behaviour when the available information is not complete. Goal 5, of a somehow more technical nature, is developed in the third chapter. In the 4th chapter, the knowledge acquired in the third chapter is applied to solving some types of differential equations, which allows to work both goals 6 and 7.*

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

*Ensino teórico prático, estando previstas cerca de 90h de contacto. Aulas teórico-práticas para apresentação e fundamentação da teoria, a par de exemplos de aplicação e resolução exercícios. Pontualmente, aulas dedicadas à resolução de exercícios de aplicação direta e ao estudo de problemas. Trabalhos práticos a serem resolvidos individualmente ou em grupo, em aula ou extra aula, nos quais é dado especial ênfase a problemas aplicados. Estudo individual complementado com a bibliografia e a resolução dos exercícios e problemas indicados. A avaliação de conhecimentos compreende dois elementos: a média das classificações obtidas nos trabalhos práticos (NP) e uma prova teórico-prática global (NT), a qual pode ser realizada em período de aulas ou de exame. A nota final do aluno (NF) é dada por:  $NF=0,75NT+0,25NP$ . Para obter aprovação na unidade curricular o aluno deve obter uma nota mínima de 8 valores em NT e de 9,5 valores em NF.*

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

*Theoretical and practical teaching, in an estimated 90 contact hours.*

*Classes consisting of the presentation and justification of the theory along with applied examples and exercise solving. Some classes consisting of exercise solving and problems study.*

*Practical assignments to be handed in either individually or in group and which can be solved in-class or extra-class, consisting primarily of applied problems.*

*Individual study to be complemented with the bibliography and the solving of the exercises and problems indicated.*

*Assessment comprises two elements: the average of the marks obtained in the practical assignments (NP) and a comprehensive theoretical and practical exam (NT), which can be taken either during classes or during the examination period.*

*The final grade of the student (NF) will be obtained by the formula*

$$NF = 0.75NT + 0.25NP .$$

*For approval in the course the student must score a minimum of 8.0 in NT and of 9.5 in NF.*

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

*As aulas do tipo teórico-práticas justificam-se para uma rigorosa e completa cobertura dos tópicos do programa, os quais surgem como resposta a situações e problemas práticos para maior motivação do aluno e melhor compreensão dos conceitos e resultados. A resolução de exercícios em contexto de aula permite ilustrar a aplicação prática dos conceitos e ferramentas estudadas, ao mesmo tempo que se aprofundam os conhecimentos teóricos.*

*As listas de exercícios disponibilizadas, pela sua organização, conteúdo e diversidade do grau de dificuldade, permitem ao aluno acompanhar todos os tópicos da matéria e são o principal instrumento do estudo individual. Os exercícios que as constituem são os adequados ao desenvolvimento das capacidades de cálculo e raciocínio dedutivo.*

*Os trabalhos práticos vão de encontro à necessidade de incentivar o aluno a acompanhar o desenrolar da matéria e a avaliar o sucesso da sua aprendizagem. O tipo de problemas, aplicado e menos direto, induzem o aluno a questionar e aprofundar os seus conhecimentos, ao mesmo tempo que lhe incute maior capacidade de trabalho e independência e o leva a desenvolver das suas capacidades de análise, reflexão e crítica.*

*Com o recurso sistemático a problemas aplicados e contextualizados, estudados com o auxílio de software matemático, pretende-se um maior motivação, eficácia e espetro da aprendizagem, pois possibilitam: transmitir o facto de o cálculo diferencial e integral em IR ser uma ferramenta indispensável à resolução de problemas em muitas áreas; praticar a formulação matemática de problemas, sua resolução e crítica; permitir uma experiência computacional direta na formalização e resolução de problemas; facilitar aos alunos o reconhecimento dos conceitos e técnicas estudados quando a estes têm que recorrer no seguimento dos seus estudos.*

*Além disso, a dinâmica de grupo, na componente de debate e entreaajuda, potencia a obtenção de melhores resultados do que aqueles que, por si só, o estudo individual consegue. Pontualmente, são realizados controlos aos trabalhos entregues de modo a incentivar as suas corretas resoluções.*

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

*Lectures are central to a correct and comprehensive coverage of all topics of the syllabus, all of which arise as the answer to an applied problem for a greater motivation and a better understanding of the notions and results on the student's part. In-class exercise solving allows for a successful application of the theoretical knowledge to practical problems as well as a deepen of the scope of the theory.*

*By their organization, contents and diversity in the degree of difficulty, the exercise sheets allow students to closely monitor all topics of the syllabus and are the main tool regarding individual study. The exercises that constitute them are suited for the development of algebra skills and deductive reasoning.*

*Practical assignments lead students to closely follows classes and allow them to monitor their learning.*

*Consisting of less straightforward problems, they lead students to question and deepen their knowledge while acquiring working and independence skills as well as a stronger development of their analysis, reflection and criticism skills.*

*The systematic use of applied and real life problems, studied with the aid of mathematical software, aims at increasing motivation, efficiency and spectrum of learning, by enabling: to convey the fact that the differential and integral calculus in IR is an indispensable tool in many different areas; to practice the mathematical formulation of problems, their solution and criticism; to enable computational experiences in direct mathematical formalization of problems and their solution; to help students to recognize the concepts and techniques studied when they are met in the course of their studies.*

*Moreover, group dynamics encourages debate and support between students during lectures, leading to better results than those achieved by individual study alone. Occasional control is made on the reports handed in.*

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

1. Hughes-Hallet, D., et al., "Calculus: Single Variable", John Wiley & Sons (Reference book), 2008.
2. Jordan, D., Smith, P., "Mathematical Techniques", Oxford University Press, 1994.
3. Marsden, J, Weinstein, A., "Calculus I", Springer, 1985.
4. Kent, P, Ramsden, P, Wood, J., "Experiments in Undergraduate Mathematics – A Mathematica-Based

*Approach*”, Imperial College Press, 1996.

5. Bluman, J., “*Problem Book for First Year Calculus*”, Springer, 1984.

6. Keisler, H., “*Elementary Calculus: An Infinitesimal Approach*”, available online at: <http://www.math.wisc.edu/~keisler/calc.html>, 2012.

7. Sarrico, C., “*Análise Matemática*”, Gradiva, 2000.

#### Mapa IV - Mecânica, Vibrações e Ondas

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Mecânica, Vibrações e Ondas*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Mechanics, Vibrations and Waves*

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

*FIS*

##### 4.4.1.3. Duração:

*semestre*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T - 45; TP - 16,5; PL - 6*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

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

*Nuno Miguel Cortez Afonso Dias, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

*1. Conhecer e dominar os fundamentos teóricos da mecânica newtoniana.*

*2. Analisar e modelar um variado número de problemas de mecânica newtoniana, aplicando os fundamentos teóricos estudados.*

*3. Utilizar de forma expedita os cálculos necessários na resolução dos problemas mencionados no ponto anterior.*

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

*1. Know and mastering the theoretical foundations of Newtonian mechanics.*

*2. Be able to analyze and model a variety of problems in Newtonian mechanics, by applying the above principles.*

*3. Be able expeditiously to perform the calculations required for solving the problems described in the preceding item.*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1. Cinemática: posição, velocidade, aceleração. Movimento rectilíneo e curvilíneo. Projéteis. Aceleração normal e tangencial. Movimento relativo. Movimento circular.*

*2. Leis de Newton. Momento linear e sua conservação. Impulso. Trabalho. Lei do trabalho-energia. Forças*

*conservativas e não conservativas. Conservação da energia mecânica. Potência e rendimento.*

*3. Sistemas de partículas materiais: momento linear, centro de massa e energia cinética. Colisões.*

*Sistemas de massa variável.*

*4. Corpo Rígido. Momento de uma força. Rotação com eixo fixo. Momento angular. Momento de inércia.*

*Rolamento. Trabalho, energia cinética e potência.*

*5. Vibrações. Vibrações livres e movimento harmónico simples: período, amplitude, fase. Vibrações*

*amortecidas: amortecimento forte e fraco. Vibrações forçadas. Ressonância. Energia.*

*6. Ondas. Equação de onda. Ondas progressivas e estacionárias. Efeito de Doppler. Ondas sonoras.*

*Sobreposição, interferência, reflexão e transmissão.*

#### **4.4.5. Syllabus:**

*1. Kinematics: position, velocity, acceleration. Rectilinear and curvilinear motion. Projectiles. Normal and tangential acceleration. Relative motion. Circular motion.*

*2. Newton's Laws. Linear momentum and its conservation. Impulse. Work. Law of work-energy.*

*Conservative and non-conservative forces. Conservation of mechanical energy. Power and efficiency.*

*3. Systems of material particles: linear momentum, center of mass and kinetic energy. Collisions. Variable mass systems.*

*4. Rigid body. Moment of a force. Rotation with fixed axis. Angular momentum. Moment of inertia. Rolling. Work, kinetic energy and power.*

*5. Vibrations. Free vibrations and simple harmonic motion: period, amplitude, phase. Damped vibrations: strong and weak damping. Forced vibrations. Resonance. Energy.*

*6. Waves. Wave equation. Progressive and stationary waves. Doppler effect. Sound waves. Superposition, interference, reflection and transmission.*

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

*O programa segue os critérios utilizados internacionalmente em unidades curriculares similares de Mecânica. Os conteúdos estão organizados de forma integrada e relacionados entre si, permitindo uma aprendizagem progressiva e consistente dos conceitos fundamentais da Mecânica. As aulas teóricas são sempre acompanhadas por exemplos cuja análise promove a discussão em sala de aula e a mais fácil assimilação da teoria bem como a sua ligação a outras UCs da LEFA. As aulas laboratoriais a par da realização dos exercícios propostos nas séries de problemas permitem aos alunos, individualmente ou em grupo, aplicar os conceitos teóricos a uma larga variedade de situações práticas e, assim, ganharem a necessária confiança e destreza para os utilizar corretamente nas mais variadas situações. É assim incutido nos alunos que o cálculo é fundamental na Física e que a obtenção de resultados numéricos que podem ser verificados pela observação experimental é a base do enorme sucesso da ciência moderna.*

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

*The syllabus follows the criteria used internationally in similar Mechanics courses. The contents are organized in an integrated and interrelated way, allowing a progressive and consistent learning of the fundamental concepts of Mechanics. Lectures always include practical examples which promote classroom discussion and easier assimilation of the theory as well as its connection to other courses in the LEFA. The laboratory classes along with the exercises proposed in the series of problems allow the students, individually or in group, to apply the theoretical concepts to a wide variety of practical situations and thus gain the necessary confidence and skills to use them correctly in many different contexts. This is to impart to students that calculation is essential in Physics and the ability to obtain numerical results that can be checked by experimental observation underpins the huge success of modern science.*

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

*Metodologias de Ensino: aulas teóricas e aulas teórico-práticas. As aulas teóricas seguem o método expositivo, sempre acompanhadas de exemplos práticos e usando extensamente o quadro. As aulas teórico-práticas compreendem aulas de resolução de problemas e 4 aulas de laboratório de frequência obrigatória. As aulas de problemas são utilizadas para esclarecer dúvidas sobre os exercícios propostos nas séries de problemas previamente trabalhados pelos alunos. Cada aula de laboratório tem como objetivo a reprodução de uma experiência e a interpretação crítica dos resultados, confrontando-os com a teoria de modo a tirar conclusões robustas.*

*Avaliação: dois testes escritos (avaliação contínua) ou exame final escrito (Teo), e componente prática de laboratório com a realização de 4 aulas laboratoriais (Lab). A nota de cada um dos testes e trabalhos de laboratório deverá ser  $\geq 8,0$  valores com uma média final  $\geq 9,5$  valores. Nota final:  $0.7Teo + 0.3Lab$ .*

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

*Teaching methodologies: theoretical classes and theoretical-practical classes. Theoretical lectures follow the expository method, always accompanied by practical examples and with extensive use of the white board. Theoretical-practical classes include problem solving classes and compulsory attendance of 4 laboratory classes. Problems classes are designed to clarify difficulties encountered when solving the problem sets that should have been previously worked out by the students. Each laboratory class aims to replicate an experience and critically interpret the results, confronting students with the theory in order to*

*draw robust conclusions.*

*Assessment: two written tests (continuous evaluation) or a written final exam (Teo), and laboratory component with the accomplishment of 4 laboratory classes (Lab). The grade of each of the tests and laboratory work should be  $\geq 8.0$  values, with an average final grade  $\geq 9.5$  values. Final grade:  $0.7\text{Teo} + 0.3\text{Lab}$ .*

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

*A realização de um número elevado de exercícios a par dos trabalhos práticos de laboratório permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos. A exposição frequente de exemplos práticos permite a ligação ao mundo real e às outras unidades curriculares do curso. Pretende-se igualmente, deste modo, fomentar a interação com os alunos e aumentar o seu grau de motivação.*

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

*Solving a large number of exercises along with practical laboratory work allows students to strengthen their theoretical knowledge through hands-on practice. Real life examples are used to make a connection with the real world and with other courses. The aim is also to enhance student participation and motivation.*

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

1. *Silvestre, A.J., e Teixeira, P.I.C., "Mecânica - uma Introdução", Edições Colibri - IPL, 2ª edição revista, 2014 (referência bibliográfica de base).*
2. *Fishbane, P.M., Gasiorowicz, S., and Thornton, S.T., "Physics for Scientists and Engineers", Prentice-Hall, 1996.*
3. *Halliday, D., Resnick, R., and Walker, J., "Fundamental of Physics", John Wiley & Sons, Inc., 2001.*
4. *Tipler, P., "Physics for Scientists and Engineers", W. H. Freeman and Company, 1999.*

**Mapa IV - Ferramentas Computacionais**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Ferramentas Computacionais*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Computational Tools*

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

*INF*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP - 67,5*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Ricardo González Felipe, 67,5*

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

<sem resposta>

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

*A unidade curricular tem por objetivo dotar os estudantes com os conceitos básicos de programação em linguagens de alto nível. A prática dos conceitos é concretizada através da utilização das linguagens de programação Python e MATLAB. Algumas noções básicas de Microsoft Excel serão também introduzidas com o intuito de familiarizar os estudantes com o tratamento de dados mediante o uso de folhas de cálculo e a interface ao MATLAB. Pretende-se que os estudantes adquiram os conceitos indispensáveis à resolução algorítmica de problemas, com especial ênfase nos que surgem nas diversas áreas da engenharia física aplicada.*

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

*The intended learning outcome of the curricular unit is to provide the students with basic concepts of high-level programming languages. The concepts are put into practice by means of Python and MATLAB languages. Some basic notions of Microsoft Excel will be also introduced, for the students to get acquainted with data handling using worksheets and their interface to MATLAB. It is intended that the students acquire the required concepts to the algorithmic resolution of problems, with emphasis in those that arise in applied engineering physics.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Progr. em Python. Sintaxe e semântica. Declaração de variáveis e tipos. Vetores, listas e dicionários. Controle de fluxo e ciclos. Sub-rotinas e funções. Classes e objetos. Leitura e escrita de ficheiros. Aplicações e processamento numérico: bib. NumPy, SciPy e Matplotlib. Manipulação e visualização de dados.*
- 2. Progr. em ambiente MATLAB. Ambiente de trabalho. Introdução à progr. em sistema interativo de cálculo numérico e simbólico. Variáveis globais e locais. Tipos de variáveis. Vetores e matrizes. Manipulação de variáveis com indexação e de cadeias de caracteres. Programas, rotinas e funções. Manipulação de ficheiros. Elaboração e visualização de gráficos. Progr. por objetos. Progr. em MATLAB, aplicados a problemas simples de Física.*
- 3. Introdução a Microsoft Excel. Ambiente de trabalho. Noção de folha de cálculo. Manipulação de dados. Utilização de funções e fórmulas. Refer. absolutas e relativas. Manipulação de conj. de dados em folhas de cálculo: filtros e ordenação. Gráficos.*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1. Programming in Python. Syntax and semantics. Variable declaration and types. Vectors, lists, and dictionaries. Flux control and loops. Subroutines and functions. Classes and objects. File reading and writing. Applications and numerical processing: NumPy, SciPy and Matplotlib libraries. Data handling and visualization.*
- 2. Programming in MATLAB environment. Workspace. Introduction to programming in an interactive system for numerical and symbolic computations. Global and local variables. Types of variables. Vector and matrix handling. Manipulation of arrays and strings. Programs, scripts, and functions. File handling. Creating and visualizing graphics. Object programming. MATLAB programs applied to simple problems in Physics.*
- 3. Introduction to Microsoft Excel. Working environment. Worksheet. Data manipulation. Use of functions and formulae. Absolute and relative references. Data set handling in worksheets: filters and sort. Data plots.*

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

*Esta unidade curricular constitui um primeiro contacto com a programação e as ferramentas computacionais, sendo um elemento essencial da formação base do curso. São introduzidos conceitos e vocabulário da programação concretizados nas linguagens Python e MATLAB. O Python, escolhido por ser de código fonte aberto, pela sua sintaxe clara e concisa e pela sua crescente popularidade e uso, é a linguagem de programação base para o estudo de algoritmos, estruturas de dados, leitura e escrita de ficheiros. O MATLAB é abordado no programa na perspetiva de familiarizar o estudante com uma ferramenta a usar em outras unidades curriculares do curso, bem como pela sua relevância e uso frequente nas ciências da engenharia. Os temas abordados de Microsoft Excel visam transmitir os conceitos básicos para a utilização de folhas de cálculo de forma eficiente, dotando os estudantes com as principais técnicas e métodos associados a estas e à interface ao MATLAB.*

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

*This curricular unit constitutes a first contact with programming and computational tools, being an essential element of the basic course formation. Programming concepts and vocabulary are introduced using Python and MATLAB. Python language is chosen because it is open source, it has a clear and concise syntax and due to its increasing popularity and use. This is the programming language that serves as a basis for the study of algorithms, data structures, file reading and writing. MATLAB is introduced in*

*the curricular unit programme for the student to get familiar with a tool to be used in other course units, as well as for the relevance and frequent use of MATLAB in engineering sciences. The Microsoft Excel topics covered aim at delivering the basic concepts for the use of spreadsheets in an efficient way, endowing the students with the main techniques and methods associated to them and the interface with MATLAB.*

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

*Metodologias de ensino: Aulas teórico-práticas onde se expõe a matéria, ilustrada através de exemplos e resolução de problemas de forma interativa.*

*A avaliação inclui duas componentes: avaliação contínua (AC) através da resolução individual de fichas de problemas e elaboração de um projeto de programação (PP) em grupos de estudantes. A nota de cada uma das componentes deverá ser maior ou igual a 9,5 valores.*

*Nota final: 50% AC + 50% PP.*

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

*Teaching Method: Lectures and practical sessions where the topics are presented through examples and resolution of problems in an interactive way.*

*The assessment includes two components: Continuous assessment (CA) through the individual resolution of problem sets and the elaboration of a programming project (PP) by student groups. The grade of each assessment component should be greater or equal to 9,5.*

*Final grade: 50% CA + 50% PP.*

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

*A realização, discussão e apresentação oral do projeto de programação permite que os estudantes adquiram os conhecimentos numa forma prática, baseada no trabalho colaborativo. A avaliação contínua através da resolução de fichas de problemas permite aferir a aquisição dos conhecimentos e a compreensão dos temas durante o semestre letivo, tal como referido nos objetivos da unidade curricular.*

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

*The execution, discussion and presentation of the programming project allow the students to get acquainted with the computing tools in a practical way, based on collaborative work. The continuous assessment through the resolution of problem sets assesses the learning and the overall comprehension of the topics through the academic semester, as pointed out in the intended learning outcomes.*

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

*1. John V. Guttag, Introduction to Computation and Programming Using Python (revised and expanded edition), MIT Press, 2013.*

*2. Stephen J. Chapman, Essentials of MATLAB Programming, 2nd Edition, Cengage Learning, 2009; MATLAB Programming with Applications for Engineers, 1st Edition, Cengage Learning, 2013.*

*3. John Walkenbach, Microsoft Excel 2016 Bible, John Wiley & Sons, Inc., 2015.*

### **Mapa IV - Oficinas de Engenharia Física 1**

#### **4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Oficinas de Engenharia Física 1*

#### **4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Engineering Physics Workshops 1*

#### **4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*ENG FIS*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

#### **4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

#### **4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T - 22,5; PL - 45*

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.1.7. Observations:**

&lt;no answer&gt;

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Filipe Ruas da Trindade Maçarico, 67,5***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Nesta UC pretende-se motivar os alunos para a electrónica Os conceitos físicos são introduzidos progressivamente e sempre tendo por base a realização experimental.**São realizados exercícios didácticos para familiarizar os alunos com os equipamentos de laboratório bem como as práticas laboratoriais.**O aluno no final desta unidade curricular deverá estar apto a:*

- *Saber interpretar as principais características dos equipamentos de medida, multímetros, fontes, geradores de funções e osciloscópio analógico.*
- *Saber calibrar os equipamentos eléctricos e electrónicos.*
- *Saber distinguir e compreender os componentes utilizados.*
- *Descrever o comportamento físico e eléctrico de componentes discretos lineares e não lineares (resistências, condensadores, indutores, transformadores, díodos, termístores, LDR).*
- *Saber pesquisar pelas datasheets e saber interpretá-las.*
- *Ser autónomo quando necessitar de utilizar o laboratório de electrónica para a realização de trabalhos futuros.*

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***In this UC is intended to motivate students to electronics. The physical concepts are introduced progressively and always based on experimental realization.**Didactic exercises are performed to familiarize students with laboratory equipment as well as laboratory practices.**The student at the end of this curricular unit should be able to:*

- *Know how to interpret the main characteristics of measurement equipment, multimeters, sources, function generators and analog oscilloscope.*
- *Know how to calibrate the electrical and electronic equipment.*
- *Know how to distinguish and understand the components used.*
- *Describe the physical and electrical behavior of discrete linear and nonlinear components (resistors, capacitors, inductors, transformers, diodes, thermistors, LDR).*
- *Know how to search for datasheets and how to interpret them.*
- *Be autonomous when you need to use the electronics laboratory to carry out future work.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:***Introdução à prática e às técnicas laboratoriais; Lei Ohm, divisores de tensão e corrente. Leis de Kirchhoff. Potência.**Noção de resistência como componente. Código de cores. Breadboard. Fontes de tensão e de corrente.**Aparelhos de medida voltímetro, amperímetro e ohmímetro**Circuitos e sistemas lineares: circuitos resistivos, capacitivos e indutivos; métodos de análise de circuitos;**Sinais AC: sinusoidal, triangular, quadrado, dente de serra, duty cycle, frequência, frequência angular, fase do sinal. Sinal com componentes AC e DC. Gerador de funções.**Osciloscópio. Descrição das diversas funções. Figuras de Lissajous.**Sistemas não lineares: análise de circuitos não lineares; características de transferência; regime estático e dinâmico. O diodo como elemento do circuito; circuitos rectificadores e filtragem; circuitos limitadores, comparadores e reguladores.**O AMPOP ideal, montagem inversora, não inversora, diferencial.**Aplicações com sensores e transdutores.**Circuitos impressos.***4.4.5. Syllabus:**

*Introduction to laboratory practice and techniques; Ohm law, voltage and current divisors. Kirchoff's laws. Power.*  
*Notion of resistance as a component. Color code. Breadboard. Voltage and current sources. Voltmeter, ammeter and ohmmeter.*  
*Linear circuits and systems: resistive, capacitive and inductive circuits;; methods of circuit analysis; AC signals: sinusoidal, triangular, square, sawtooth, duty cycle, frequency, angular frequency, signal phase. Signal with AC and DC components. Function generator.*  
*Oscilloscope. Description of the various functions. Figures of Lissajous.*  
*Non-linear circuits and systems: analysis of non-linear circuits; transfer characteristics; static and dynamic regime. Circuits with diodes: the diode as element of the circuit; rectifier circuits and filtering; limiting circuits, comparators and regulators.*  
*The ideal AMPOP, inverter mounting, non-inverting, differential.*  
*Applications with sensors and transducers.*  
*Printed circuits.*

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

*São proporcionados conhecimentos básicos e fundamentais no que diz respeito à montagem, interpretação e medidas em electrónica, fornecendo competências para as unidades curriculares específicas que a esta se seguirão ao longo do curso, quer em termos de conteúdos, quer em termos de metodologia da ciência e estruturação do pensamento científico.*  
*O conteúdo teórico da unidade curricular é a abordagem necessária para a compreensão dos processos de instrumentação e medida, em termos dum primeiro contacto por parte dos alunos. Assim, o ensino teórico assentará num módulo semanal de 1,5h.*  
*A prática laboratorial terá um módulo semanal de 3 horas, onde o aluno terá um guião de laboratório e se confrontará com o equipamento.*  
*Com base numa forte correlação entre as componentes teórica e laboratorial, os alunos ganham competências em técnicas de instrumentação e medida e são iniciados na compreensão dos fenómenos eléctricos subjacentes ao funcionamento de dispositivos e circuitos electrónicos.*

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

*We provide basic and fundamental knowledge of assembly, interpretation and measurement in electronics, central competences for the specific curricular units that will be followed throughout the course, both in terms of contents and in terms of methodology of science and structuring of scientific thought.*  
*The theoretical content of the curricular unit is the necessary approach for understanding the processes of instrumentation and measurement. Thus the theoretical teaching will be based on a weekly module of 1,5h.*  
*The laboratory practice will have a weekly module of 3 hours, where the student will have a laboratory guide and will confront with the equipment.*  
*Based on a strong correlation between the theoretical and laboratory components students gain skills in instrumentation and measurement techniques and are initiated in the understanding of the electrical phenomena underlying the operation of electronic devices and circuits.*

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

*O ensino é teórico-prático, com aulas teóricas de 1,5horas e aulas laboratoriais de 3horas por semana. As horas de contacto perfazem 67,5 horas.*  
*Nas aulas práticas serão formados grupos de 2 alunos, de preferência, máximo 3, de modo a permitir um contacto efectivo de todos os membros do grupo com a parte experimental e um melhor acompanhamento na avaliação contínua.*  
*A avaliação baseia-se num regime de avaliação contínua e na discussão de um trabalho final com apresentação de relatório, com base no trabalho de grupo. Acrescentará dois testes práticos individuais ou um exame prático final.*

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

*The teaching is theoretical-practical, with theoretical lessons of 1.5 hours and laboratory classes of 3 hours per week.*  
*The contact hours are 67.5 hours.*  
*In the practical classes groups of 2 students will be formed preferably, maximum 3, in order to allow effective contact of all members of the group with the experimental part and better monitoring in the continuous assessment.*  
*The evaluation is based on a continuous assessment regime and the discussion of a final paper with presentation of the report, based on group work. It will add two individual practical tests or a final practical examination.*

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

*Pretende-se motivar os alunos para a prática laboratorial em electrónica.*  
*Os alunos familiarizam-se com a electrónica elementar (componentes discretos, montagem de sistemas*

*elementares lineares e não lineares) e com técnicas de instrumentação e medida. Os conceitos físicos são introduzidos progressivamente e sempre tendo por base a realização experimental. Na componente laboratorial os alunos são fortemente apoiados sendo, contudo, incentivada a iniciativa. São realizados exercícios didácticos para familiarizar os alunos com os equipamentos de laboratório bem como as práticas laboratoriais. Com fundamento nos conceitos teóricos adquiridos ao longo do semestre, os alunos são também acompanhados no projecto e na realização de aplicações concretas no âmbito da electrónica analógica.*

*O tempo pedagogicamente necessário para o processo de assimilação do conhecimento será sempre reavaliado em função das competências que os alunos em média demonstrarem possuir.*

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

*We intended to motivate students to the laboratory practice to electronics.*

*Students are familiarized with elementary electronics (discrete components, assembly of linear and non-linear elementary systems) and with instrumentation and measurement techniques. The physical concepts are introduced progressively and always based on experimental realization. In the laboratory component students are strongly supported, but creativity is encouraged. Didactic exercises are performed to familiarize students with laboratory equipment as well as laboratory practices. Based on the theoretical concepts acquired during the semester, students are also accompanied in the realization and design of concrete applications in the scope of analog electronics.*

*The pedagogically necessary time for the process of assimilation of knowledge will always be reevaluated according to the skills that the average students demonstrate.*

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

*1 - Raymond A. Serway, John W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers, Thomson Brooks/Cole, (2013)*

*Basic Engineering Circuit Analysis, J. David Irwing, Wiley, 2008*

*2 - Yannis Tsvividis, A First Lab in Circuits and Electronics, Wiley (2001)*

*3 - Thomas L. Floyd, Electronics Fundamentals: Circuits, Devices & Applications, Pearson, 2010*

**Mapa IV - Cálculo Vetorial**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Cálculo Vetorial*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Vectorial Calculus*

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

*MAT*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP - 90*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*António Paixão, 90*

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

<sem resposta>

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

1. *Reconhecer os conceitos estudados como generalização das noções correspondentes em funções reais de variável real.*
2. *Compreender os conceitos de limite, continuidade e diferenciabilidade de campos escalares e vetoriais e sua aplicação à determinação de direções de maior variação, aproximação de funções e ao cálculo de extremos.*
3. *Calcular integrais, identificando a representação geométrica do domínio e reconhecendo quais as coordenadas a utilizar.*
4. *Dominar a parametrização de linhas e superfícies e utilizá-la no cálculo de integrais.*
5. *Conhecer as aplicações do cálculo vetorial integral, eg. comprimento de uma linha, área de uma superfície, volume de uma região, valor médio, trabalho, fluxo, centro de massa e momentos de inércia.*
6. *Utilizar o raciocínio espacial na resolução de problemas reais.*
7. *Formular matematicamente um problema, identificar e implementar estratégias adequadas à sua resolução analítica e computacional.*

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

1. *To recognize the concepts studied as the generalization of the corresponding notions for single variable real functions.*
2. *To understand the notions of limit, continuity and differentiability of scalar and vector fields and its application to rates of increase, function approximation and extrema.*
3. *To compute double and triple integrals, identifying the geometric representation of the domain and the appropriate coordinates.*
4. *To parametrize lines and surfaces and use it to compute line and surface integrals.*
5. *To know the applications of integration of multivariable functions, eg. line length, surface area, volume of a region, average value of a function, work, flux, mass, centre of mass and moments of inertia.*
6. *To develop spacial visualization and apply it in problem solving.*
7. *To be able to mathematically formulate a practical problem and to identify and implement the correct analytical and/or computational strategy towards it solution.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Funções em  $\mathbb{R}^n$ : Campos escalares e vetoriais. Domínios, conjuntos de nível e gráficos. Limites e continuidade.*
2. *Cálculo diferencial em  $\mathbb{R}^n$ : Der. parciais, plano tangente, diferenciabilidade de campos escalares, eq. dif. exatas. Vetor gradiente e derivadas direcionais. Derivadas parciais de ordem superior, teorema de Schwarz e fórmula de Taylor. Extremos livres e condicionados. Derivada como aplicação linear, matriz jacobiana. Derivada da função composta, teorema da função implícita e teorema da função inversa. Gradiente, divergência, rotacional. Aplicações.*
3. *Cálculo Integral em  $\mathbb{R}^n$ : Integrais duplos e triplos: Teorema de Fubini e teorema da média; mudança de variáveis. Integrais de linha de campos escalares e vetoriais: Parametrizações, trabalho, campos conservativos e função potencial; teorema de Green. Integrais de superfície de campos escalares e vetoriais: Parametrizações; fluxo, teoremas de Guass e de Stokes. Aplicações.*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Multivariable functions: Scalar and vector fields. Domain, contour lines and surfaces, graph. Limits and continuity.*
2. *Differential Calculus in  $\mathbb{R}^n$ : Partial derivatives, tangent plane, differentiation of scalar fields, exact differential equations. Gradient vector and directional derivatives. Higher order partial derivatives, Schwarz Theorem and Taylor's formula. Unconstraint and constraint extrema. The derivative as a linear map, Jacobian matrix. Chain rule, implicit function theorem and inverse function theorem. Differential operators: gradient, divergence, and curl. Applications.*
3. *Integral Calculus in  $\mathbb{R}^n$ : Double and triple integrals: Fubini's theorem, mean value theorem; substitution of variables. Line integrals: Parametrization of a line; work, conservative fields, and potential. Green's Theorem. Surface integrals: Parametrization of a surface; flow, Guass and Stokes' theorems. Applications.*

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

*Os objetivos 1, 6 e 7 são transversais a todos os conteúdos programáticos, sendo que os dois últimos são especialmente trabalhados através das diversas aplicações estudadas.*  
*O objetivo 2 é cumprido nos pontos 1 e 2 do programa, enquanto que o capítulo 3 do programa cobre os objetivos 3, 4 e 5.*

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

Goals 1, 6 and 7 are common to every chapter of the syllabus, with 6 and 7 being particularly met on account of the several applications studied.

Goal 2 is achieved through chapters 1 and 2, while chapter 3 covers all of goals 3, 4 and 5.

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

*Ensino teórico prático, estando previstas cerca de 95h de contato. O tempo total de trabalho do estudante é de 162h.*

*Aulas teórico-práticas para apresentação e fundamentação da teoria, a par de exemplos de aplicação e resolução exercícios. Pontualmente, aulas dedicadas à resolução de exercícios de aplicação direta e ao estudo de problemas.*

*Trabalhos práticos a serem resolvidos individualmente ou em grupo, em aula ou extra aula, nos quais é dado especial ênfase a problemas aplicados.*

*Estudo individual complementado com a bibliografia e a resolução dos exercícios e problemas indicados.*

*A avaliação de conhecimentos compreende dois elementos: a média das classificações obtidas nos trabalhos práticos (NP) e uma prova teórico-prática global (NT), a qual pode ser realizada em período de aulas ou de exame. A nota final do aluno (NF) é dada por:*

$$NF=0,75NT+0,25NP.$$

*Para obter aprovação na UC o aluno deve obter uma nota mínima de 8 em NT e de 9,5 em NF.*

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

*Theoretical and practical teaching, in an estimated 95 contact hours. The student work total time is 162 hours.*

*Classes consisting of the presentation and justification of the theory along with applied examples and exercise solving. Some classes consisting of exercise solving and problems study.*

*Practical assignments to be handed in either individually or in group and which can be solved in-class or extra-class, consisting primarily of applied problems.*

*Individual study to be complemented with the bibliography and the solving of the exercises and problems indicated.*

*Assessment comprises two elements: the average of the marks obtained in the practical assignments (NP) and a comprehensive theoretical and practical exam (NT), which can be taken either during classes or during the examination period.*

*The final grade of the student (NF) will be obtained by the formula*

$$NF = 0.75NT + 0.25NP.$$

*For approval in the course the student must score a minimum of 8.0 in NT and of 9.5 in NF.*

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

*As aulas do tipo teórico-práticas justificam-se para uma rigorosa e completa cobertura dos tópicos do programa, os quais surgem como resposta a situações e problemas práticos para maior motivação do aluno e melhor compreensão dos conceitos e resultados. A resolução de exercícios em contexto de aula permite ilustrar a aplicação prática dos conceitos e ferramentas estudadas, ao mesmo tempo que se aprofundam os conhecimentos teóricos.*

*As listas de exercícios disponibilizadas, pela sua organização, conteúdo e diversidade do grau de dificuldade, permitem ao aluno acompanhar todos os tópicos da matéria e são o principal instrumento do estudo individual. Os exercícios que as constituem são os adequados ao desenvolvimento das capacidades de cálculo e raciocínio dedutivo.*

*Os trabalhos práticos vão de encontro à necessidade de incentivar o aluno a acompanhar o desenrolar da matéria e a avaliar o sucesso da sua aprendizagem. O tipo de problemas, aplicado e menos direto, induzem o aluno a questionar e aprofundar os seus conhecimentos, ao mesmo tempo que lhe incute maior capacidade de trabalho e independência e o leva a desenvolver as suas capacidades de análise, reflexão e crítica.*

*Com o recurso sistemático a problemas aplicados e contextualizados, estudados com o auxílio de software matemático, pretende-se um maior motivação, eficácia e espetro da aprendizagem, pois possibilitam: transmitir o facto de o cálculo diferencial e integral em  $\mathbb{R}^n$  ser uma ferramenta indispensável à resolução de problemas em muitas áreas; praticar a formulação matemática de problemas, sua resolução e crítica; permitir uma experiência computacional direta na formalização e resolução de problemas; facilitar aos alunos o reconhecimento dos conceitos e técnicas estudados quando a estes têm que recorrer no seguimento dos seus estudos.*

*Além disso, a dinâmica de grupo, na componente de debate e entreajuda, potencia a obtenção de melhores resultados do que aqueles que, por si só, o estudo individual consegue. Pontualmente, são realizados controlos aos trabalhos entregues de modo a incentivar as suas corretas resoluções.*

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

*Lectures are central to a correct and comprehensive coverage of all topics of the syllabus, all of which arise as the answer to an applied problem for a greater motivation and a better understanding of the notions and results on the student's part. In-class exercise solving allows for a successful application of the theoretical knowledge to practical problems as well as a deepen of the scope of the theory.*

*By their organization, contents and diversity in the degree of difficulty, the exercise sheets allow students to closely monitor all topics of the syllabus and are the main tool regarding individual study. The exercises that constitute them are suited for the development of algebra skills and deductive reasoning. Practical assignments lead students to closely follow classes and allow them to monitor their learning. Consisting of less straightforward problems, they lead students to question and deepen their knowledge while acquiring working and independence skills as well as a stronger development of their analysis, reflection and criticism skills.*

*The systematic use of applied and real life problems, studied with the aid of mathematical software, aims at increasing motivation, efficiency and spectrum of learning, by enabling: to convey the fact that the differential and integral calculus in  $\mathbb{R}^n$  is an indispensable tool in many different areas; to practice the mathematical formulation of problems, their solution and criticism; to enable computational experiences in direct mathematical formalization of problems and their solution; to help students to recognize the concepts and techniques studied when they are met in the course of their studies.*

*Moreover, group dynamics encourages debate and support between students during lectures, leading to better results than those achieved by individual study alone. Occasional control is made on the reports handed in.*

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

1. McCallum, W., Hughes-Hallet, D., et al., "Multivariable Calculus", John Wiley & Sons, 2010.
2. Marsden, J., Tromba, A., "Vector Calculus", W.H. Freeman and Company, 1996.
3. Stewart, J., "Calculus: early transcendentals", Brooks Cole, 2007.
4. Anton, H., "Calculus: A New Horizon", John Wiley & Sons Inc., 1998.
5. Anton, H., Bivens, I., Davis, S., "Calculus Multivariable", Wiley-Blackwell, 2008.
6. Larson, R., Hostetler, R., Edwards, B., "Cálculo", McGraw-Hill, 2006.
7. A. Azenha, M. A. Jerónimo, "Elementos de Cálculo Diferencial e Integral em  $\mathbb{R}$  e  $\mathbb{R}^n$ ", McGraw-Hill, 1995.

#### Mapa IV - Estatística

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Estatística*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Statistics*

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

*MAT*

##### 4.4.1.3. Duração:

*semestre*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*TP - 90*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

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

*Sandra Maria da Silva Figueiredo Aleixo, 90*

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

*<sem resposta>*

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

*Após aprovação na unidade curricular, o aluno deverá possuir a capacidade de:*

1. *Aplicar os conceitos de probabilidades na avaliação de situações de incerteza.*
2. *Identificar os modelos teóricos estudados em situações reais e calcular probabilidades associadas a esses modelos.*
3. *Aplicar as técnicas de estatística descritiva e análise exploratória de dados no estudo de um conjunto de dados e interpretar os resultados.*
4. *Aplicar as técnicas de inferência estatística e interpretar os resultados obtidos.*
5. *Analisar e interpretar com sentido crítico os resultados obtidos, elaborando um relatório adequado como ferramenta de suporte à tomada de decisão.*
6. *Identificar, planejar e implementar a metodologia estatística adequada à resolução de um problema concreto.*
7. *Utilizar um software estatístico para o cálculo probabilístico, para o estudo estatístico descritivo e inferencial de um conjunto de dados e para a simulação.*

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

*Upon approval, the student should be able to:*

1. *To apply the concept of probability in assessing situations of uncertainty.*
2. *To identify theoretical models studied in real situations and calculate probabilities associated with those models.*
3. *To apply the techniques of descriptive statistics and exploratory data analysis in the study of a data set and interpret the results.*
4. *To apply the techniques of statistical inference and interpret the results.*
5. *To analyze and interpret, with a critical mind, the results obtained and write an appropriate report as support for the decision-making.*
6. *To identify, plan and implement appropriate statistical methodology to solve a concrete problem.*
7. *To use a statistical software for probabilistic calculation, descriptive and inferential statistical analysis of a data set and simulation.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Teoria das probabilidades.*
2. *Variáveis aleatórias discretas e contínuas. Funções caracterizadoras e parâmetros.*
3. *Modelos teóricos discretos e contínuos. Teorema limite central.*
4. *Amostragem aleatória e distribuições amostrais.*
5. *Estatística descritiva e análise exploratória de dados.*
6. *Estimação pontual e por intervalo.*
7. *Testes de hipóteses, paramétricos e não paramétricos, para uma amostra e para duas ou mais amostras independentes e relacionadas. Testes de ajustamento.*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Probability theory.*
2. *Discrete and continuous random variables. Characterizing functions and parameters.*
3. *Discrete and continuous theoretical models. Central limit theorem.*
4. *Descriptive statistics and exploratory data analysis.*
5. *Random sampling and sampling distributions.*
6. *Point and interval estimation.*
7. *Hypothesis testing, parametric and nonparametric, for a sample and for two or more independent samples and related samples. Adjustment tests.*

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

- *O ponto 1 dos conteúdos programáticos irá concretizar o objetivo 1.*
- *Os pontos 2 e 3 dos conteúdos programáticos irão concretizar o objetivo 2.*
- *O ponto 4 dos conteúdos programáticos introduz os conceitos necessários à concretização dos objetivos 3, 4 e 5.*
- *O ponto 5 dos conteúdos programáticos concretiza o objetivo 3.*
- *Os pontos 6 e 7 dos conteúdos programáticos concretizam o objetivo 4.*
- *Os objetivos 6 e 7 são transversais a todos os pontos dos conteúdos programáticos.*

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

- *Point 1 of the syllabus aims to achieve the objectives of goal 1.*
- *Points 2 and 3 of the syllabus aim to achieve the objectives of goal 2.*
- *Point 4 of the syllabus introduces the concepts necessary to achieve the learning objectives of goals 3, 4 and 5.*
- *Point 5 of the syllabus aims to achieve the objectives of goal 3.*

- Points 6 and 7 of the syllabus aim to achieve the objectives of goal 4.
- The objectives referred to in points 6 and 7 are achieved throughout all points of the syllabus.

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

*As aulas são teórico-práticas. É utilizada uma metodologia expositiva para a apresentação da matéria teórica, exemplificada com a resolução de problemas concretos. A componente prática assenta na resolução de casos de estudo que, sempre que possível, serão problemas reais em áreas de aplicação. A resolução de exercícios é implementada computacionalmente usando um software estatístico. A avaliação de conhecimentos compreende duas componentes, uma teórica (NT) e outra prática (NP). A componente teórica é constituída por 2 testes (nota mínima de 8 valores em cada e média mínima de 9,5 valores) realizados durante o período letivo ou por um exame (nota mínima de 9,5 valores). A componente prática é constituída por um trabalho (nota mínima de 9,5 valores), com apresentação e discussão obrigatória. A nota final do aluno (NF) será obtida através da fórmula:  $NF=0,7NT+0,3NP$ .*

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

*Classes are theoretical and practical. Expository methodology is used for the presentation of theoretical subjects, exemplified with the solution of practical problems. The practical component is based on the resolution of case studies that, whenever possible, will be real problems in application areas. Exercises solution is carried out with the support of computers using a statistical software. Evaluation comprises two components: a theoretical (TC) and a practical component (PC). The theoretical component consists of two tests (with a minimum grade of 8 values in each test and minimum mean of 9.5 values) performed during the class period or a global exam (with a minimum grade of 9.5 values). The practical component consists of a practical work (with a minimum grade of 9.5 values) with mandatory presentation and discussion. The final grade (FG) will be obtained using the formula:  $FG=0.7TC+0.3PC$ .*

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

*As metodologias de ensino são coerentes com os objetivos da unidade curricular, dado que a metodologia expositiva utilizada para explicar a matéria teórica possibilita atingir os objetivos da unidade curricular. A exemplificação com problemas concretos permite ao aluno perceber como aplicar a matéria usada em situações reais da sua vida profissional. A metodologia utilizada fornece os conhecimentos necessários para formalizar um problema concreto, escolher os métodos adequados a aplicar e proceder à sua correta implementação. Para além da resolução analítica, a resolução de exercícios com recurso à utilização de um software estatístico, possibilita ao aluno apreender o modo real de resolução deste tipo de problemas. Os métodos de avaliação permitem averiguar se o aluno adquiriu conhecimentos necessários para atingir os objetivos propostos na unidade curricular.*

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

*Teaching methodologies are consistent with the objectives of the course. The expository methodology is used to explain theoretical subjects and enables to reach the objectives of the course. The use of applied examples allows the student to understand how to apply the material in real situations. The methodology aims to provide knowledge on how to formalize a concrete problem, choose the appropriate methods, implement and provide their correct implementation. Along with the analytical solution, solving exercises with the use of a statistical software, allows students to grasp the real way to solve problems as in real professional life situations. The evaluation methods ensure that student have achieved all the learning objectives.*

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

1. Dougherty, E., "Probability and Statistics for the Engineering, Computing, and Physical Sciences", 1st ed., Prentice-Hall, 1990
2. Guimarães, R. e Cabral, J., "Estatística", Verlag Dashöfer, 2ªed., 2010
3. Montgomery, D., Runger, G., "Applied Statistics and Probability for Engineers", 7th ed., Wiley, 2018
4. Murteira, B., Ribeiro, C., A. e Silva, J. e Pimenta, C. "Introdução à Estatística", 3ª ed., Escolar Editora, 2015
5. Pestana, D. e Velosa, S., "Introdução à Probabilidade e à Estatística – vol. I", 4ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian, 2008
6. Reis, E., Melo, P., Andrade, R., Calapez, T., "Estatística Aplicada-vol. I e vol II", 6ª e 5ª eds, Edições Sílabo, 2015 e 2016
7. Sheskin, D. "Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures", 5th ed., CRC Press, 2011
8. Thode, H. "Testing for normality", CRC Press, 2002
9. Venables, W., Smith, D. and the R Core Team. "An Introduction to R" (<http://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf>), 2019

**Mapa IV - Termodinâmica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Termodinâmica***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Thermodynamics***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***FIS***4.4.1.3. Duração:***semestre***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***T - 45; TP - 16,5; PL - 6***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Catarina Marques Mendes Almeida da Rosa Leal, 45***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Maria da Graça Medeiros da Silveira, 22,5***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- 1. Introduzir os fundamentos teóricos da termodinâmica, com particular enfoque para o primeiro e o segundo princípio. Cada tema abordado será acompanhado de aplicações no âmbito da Engenharia.*
- 2. Pretende-se que as noções de termodinâmica sejam adquiridas não só de forma abstracta, mas também de forma prática, recorrendo a experiências laboratoriais.*
- 3. Pretende-se que o aluno adquira a capacidade de escrever um relatório com um correto tratamento de dados experimentais.*

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

- 1. The main goal of this course is to introduce the fundamental concepts of thermodynamics, with particular emphasis on the first and second principles. Each topic will be accompanied by applications in the field of Engineering.*
- 2. It is intended that the concepts of thermodynamics are acquired in a practical and intuitive manner, using experiments.*
- 3. It is intended that the student acquires the necessary skills to write a report with a correct and scientific treatment of experimental data.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Sistemas termodinâmicos. Propriedades. Princípio zero da termodinâmica. Estados de um sistema e as suas transformações. Pressão e temperatura. A equação de estado dos gases perfeitos. Teoria cinética dos gases perfeitos. A equação de van der Waals. Lei dos estados correspondentes. Transição de fase líquido-vapor.*
- 2. Primeiro Princípio da Termodinâmica. Calor. Trabalho. Energia interna. Aplicação do 1º princípio a gases. Transformações adiabáticas de um gás.*
- 3. Segundo princípio da termodinâmica. Máquinas térmicas. Transformações reversíveis Teorema de Carnot. Ciclo de Carnot. Desigualdade de Clausius. Entropia.*

4. *Potenciais termodinâmicos. Entalpia. A energia livre de Helmholtz e de Gibbs. Relações de Maxwell. Regra das fases.*

5. *Reações gasosas. Equilíbrio químico nos gases. O princípio de Le Chatelier. Soluções diluídas. Pressão osmótica. Equilíbrios químicos em soluções.*

6. *Processos termodinâmicos em escoamento. Conservação da massa e da energia em escoamento. Aplicações.*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Thermodynamical systems. Thermodynamical properties. The zero-th law of thermodynamics. State and processes. Pressure and temperature. The equation of state of ideal gases. Kinetic theory of ideal gases. The van der Waals equation. Law of the corresponding states. Liquid-vapor phase transition.*

2. *First Principle of Thermodynamics. Heat. Work. Internal energy. Application of the first principle to ideal gases. Adiabatic processes of an ideal gas.*

3. *Second principle of thermodynamics. Heat engines. Reversible processes. Carnot's theorem. Carnot's cycle. Clausius' Inequality. Entropy.*

4. *Thermodynamic potentials. Enthalpy. Helmholtz and Gibbs free energies. Maxwell's relations. Phase rule.*

5. *Gaseous reactions. Chemical equilibrium in gases. Le Chatelier's principle. Diluted solutions. Osmotic pressure. Chemical equilibria in solutions.*

6. *Thermodynamic processes of open systems. Conservation of mass and energy of open systems. Applications.*

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

*Os capítulos dos conteúdos programáticos correspondem aos conceitos fundamentais da termodinâmica, referidos nos objectivos da unidade curricular.*

*As aulas teóricas são sempre acompanhadas por vários exemplos, e tentando estabelecer ligações a outras unidades curriculares da LEFA. A realização dos exercícios propostos nas séries de problemas e as aulas laboratoriais permite aos alunos, individualmente ou em grupo, aplicar os conceitos teóricos a uma larga variedade de situações práticas.*

*Um dos trabalhos de laboratório deverá ser descrito e analisado sob a forma de um relatório detalhado, com um correto tratamento dos dados experimentais.*

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

*The chapters of the syllabus correspond to the fundamental concepts referred in the intended learning outcomes of the curricular unit.*

*The theoretical sessions are always accompanied by several examples, trying to establish links with other curricular units of the course. The exercises of the practical sessions and the laboratory experiments allow students, individually or in groups, to apply the theoretical concepts to a wide variety of practical situations.*

*One of the laboratory works should be described and analyzed in the form of a detailed report, with a correct treatment of the experimental data.*

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

*Metodologias de ensino: Lecionação de aulas teóricas e aulas teórico-práticas. As aulas teórico-práticas compreendem aulas de resolução de problemas (10 aulas aprox.) e aulas de laboratório de frequência obrigatória (4 aulas).*

*Avaliação: Dois testes, em avaliação contínua, ou exame final (Teo), e componente prática de laboratório com a realização de 4 aulas laboratoriais pedagogicamente fundamentais (Lab). A nota de cada um dos trabalhos de laboratório (ou testes) deverá ser maior ou igual a 8,0 valores, e a média maior ou igual a 9,5 valores. Nota final: 70% Teo + 30% Lab.*

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

*Teaching Method: Lectures and practical sessions. The practical sessions include the resolution of problems (10 sessions aprox.) and laboratory experiments (4 sessions). The laboratory sessions are mandatory.*

*Assessment: Two exams during the semester, or a final exam (Theory), and a practical component in the laboratory, with 4 practical works (Lab). The grade of each individual practical works (or exams) should be larger or equal to 8,0/20. Final grade: 70% Theory + 30% Lab.*

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

*A realização de um número elevado de exercícios permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos. A exposição frequente de exemplos práticos permite a ligação ao mundo real e às outras unidades curriculares do curso. Pretende-se igualmente fomentar a interação com os alunos e aumentar o seu grau de motivação.*

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

*The resolution of a large number of exercises allows students to test and consolidate the acquisition of theoretical concepts. The practical examples allow the students to connect to the real world and to other curricular units of the course. It will also foster the interaction with students and increase their motivation.*

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

1. Fermi, E., "Termodinâmica", Almedina, 1973.
2. Zemansky, M. W., Diltman, R., "Heat and thermodynamics", McGraw-Hill,, 1997.
3. Moran, M. and Shapiro, H., "Fundamentals of Engineering Thermodynamics", SI version, John Wiley & Sons, 1993.
4. Reif F., "Fundamentals of statistical physics and thermal physics", McGraw-Hill, 1965.
5. Y.A. Cengel e M.A. Boles, "Termodinâmica", McGraw-Hill de Portugal, 2001.

**Mapa IV - Química Geral****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Química Geral*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*General Chemistry*

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

*QUI*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T - 45; TP - 10,5; PL - 12*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Maria Paula Robalo, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

*A UC pretende providenciar ao aluno conhecimentos científicos fundamentais em Química, essenciais à compreensão das matérias lecionadas em UCs subsequentes. Após a aprovação na unidade curricular, o aluno deverá possuir a capacidade de:*

1. *Compreender a estrutura atómica, periodicidade de elementos na tabela periódica, e os tratamentos quânticos simples de átomos e moléculas.*
2. *Identificar os diferentes tipos de ligação química, respetivas teorias e âmbitos de aplicação.*
3. *Caracterizar estruturalmente e prever geometrias de espécies moleculares.*
4. *Relacionar propriedades macroscópicas de vários estados físicos da matéria com forças intermoleculares.*
5. *Compreender o comportamento dos diversos compostos no estado sólido bem como as suas*

*propriedades mais características.*

*6. Prever o sentido da evolução dos sistemas químicos e as energias que os impulsionam: uma introdução à termodinâmica.*

*7. Compreender a construção e o funcionamento de células electroquímicas*

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

*General Chemistry address issues of fundamental knowledge in Chemistry, providing the students the requirements to support a sustained development of the course. Therefore, the students will acquire the following specific chemical knowledge and transferable skills:*

*1. Understand atomic structure, periodicity of elements in the periodic table, and simple quantum mechanical treatments of atoms and molecules.*

*2. Identify the different types of chemical bond, their theories and application.*

*3. Structurally characterize and predict geometries of molecular species.*

*4. Relate macroscopic properties of various states of matter to intermolecular forces.*

*5. Understand the behavior and properties of all types of crystalline solids.*

*6. Predict the evolution of chemical systems and the energies involved: an introduction to thermodynamics*

*7. Understand the construction and functionalities of electrochemical cells.*

#### **4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Estrutura atómica: modelo quântico; configuração electrónica; classificação e propriedades periódicas dos elementos.*

*2. Ligação química: ligação iónica e covalente; teorias de Lewis, do enlace de valência e das orbitais moleculares; polaridade; ligações intermoleculares.*

*3. Soluções: solubilidade; propriedades coligativas.*

*4. Termoquímica: 1º Princ. da termodinâmica; entalpia e entropia; lei de Hess; 2º Princ. da termodinâmica; energia de Gibbs e transformação espontânea. Energia de Gibbs e equilíbrio químico. Constantes de equilíbrio. Princípio de Le Chatelier.*

*5. Electroquímica: reações redox; potencial de eléctrodo; células electroquímicas; Eq. de Nernst; electrólise, células de combustível.*

*6. Estado sólido: estrutura cristalina. Classificação dos sólidos cristalinos. Modelo das esferas compactas.*

*7. Tipos de cristais e factores que influenciam o tipo de estrutura. Relações estrutura-propriedades macroscópicas. Estruturas mais comuns..*

*8. Trabalhos práticos ilustrativos.*

#### **4.4.5. Syllabus:**

*1. The atomic structure: quantum theory; electronic configurations; periodic classification and properties of elements.*

*2. Chemical bond: ionic and covalent bonds; Lewis, valence bond and molecular orbital theories; polarity; intermolecular bonds.*

*3. Solutions: solubility; colligative properties of solutions.*

*4. Thermochemistry: 1st law of thermodynamics; enthalpy and entropy; 2nd law of thermodynamics; Gibbs energy and spontaneous transformations. Gibbs energy and chemical equilibrium. Equilibrium constants. Le Chatelier principle.*

*5. Electrochemistry: redox reactions; potential of electrode; electrochemical cells; Nernst equation; electrolysis, fuel cells.*

*6. Solid State: crystalline structure. Types of Solids. Crystal lattices. The packing-of-spheres model.*

*7. Ionic, metallic, covalent and molecular solids. Common ionic lattices and structure-property relationships. Rationalization of structures.*

*8. Lab sessions illustrative of the theoretical concepts provided.*

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

*A UC Química Geral tem como principal objetivo providenciar o aluno uma vasta gama de conceitos pilares da Química fundamentais para a futura formação na LEFA.*

*O programa da UC Química Geral começa por aprofundar os conhecimentos sobre estrutura atómica e teoria da ligação química (tópicos 1 e 2) adquiridos no ensino secundário essenciais para a sua capacidade de explicar o mundo físico: compreender que a matéria é constituída por átomos e que a variedade ilimitada de espécies decorre da forma como esses átomos se ligam entre si. Seguidamente introduzem-se tópicos de nível intermédio para o desenvolvimento de temas como a termoquímica, o equilíbrio químico e electroquímica (tópicos 3-5), importantes para a consolidação de matérias a lecionar posteriormente. No final, os conceitos apresentados nos tópicos 6 e 7 visam dotar os alunos de conhecimentos que permitam entender o comportamento dos diversos tipos de sólidos e distinguir para cada tipo as propriedades mais características.*

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

*The General Chemistry UC has as its main objective to provide the student with a wide range of fundamental concepts of chemistry fundamental for the future formation in LEFA.*

*The program of General Chemistry (topics 1 and 2) starts with concepts of atomic structure and chemical bonding theory, deepening the knowledge acquired in high school, essential for the student ability to explain the physical world: to understand that all matter consists of atoms, and that the limitless variety observed around us stems from the ways that these atoms bond each other. Intermediate-level topics related with the principles of thermochemistry, chemical equilibrium and electrochemistry (topics 3 to 5) are then addressed to transmit contents essential to the development of the subsequent UCs. The program finishes by introducing concepts related with the crystalline solid state (topics 6 and 7) and the characteristic properties of each solid type.*

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

*A metodologia de ensino é baseada em palestras e aulas teórico-práticas, onde o conhecimento é transmitido oralmente, com o apoio de slides (disponibilizados antecipadamente ao aluno na plataforma MOODLE). Nas aulas teóricas é promovida a discussão do currículo principal, incentivando a interatividade, fornecendo exemplos reais e fazendo perguntas. Nas aulas teórico-práticas são resolvidos exercícios que abordam os conceitos teóricos de cada tópico. Conceitos com aplicação experimental são adicionalmente ilustrados através de trabalhos de laboratório.*

*Avaliação contínua (T + TP): Dois testes: >= 8; nota final (FG): >= 10*

*Avaliação contínua (P): Composto por dois componentes: a avaliação laboratorial (LE, 50%) e a avaliação final (FE, 50%); FG >= 10*

*Avaliação do exame final (T e TP): exame final: >= 10*

*Classificação final = 70% FG (T e TP) + 30% FG (P)*

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

*The teaching methodology is based on lectures and theoretical-practical classes, where the knowledge is transmitted orally, with the support of slides (available in advance to the student in Moodle platform).*

*During lectures appropriate discussion of the main syllabus is promoted, encouraging interactivity by delivering real examples and asking questions. In theoretical-practical classes exercises addressing the theoretical concepts in each topic are solved. Concepts with experimental application are additionally illustrated through laboratory work.*

*Continuous evaluation (T + TP): Two tests: >= 8; final grade (FG): >= 10*

*Continuous evaluation (P): Composed by two components: the laboratorial evaluation (LE, 50%) and the final evaluation (FE, 50%); FG >= 10*

*Final exam evaluation (T and TP): final exam: >= 10*

*Final grade = 70% FG (T and TP) + 30% FG (P)*

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

*O ensino da unidade curricular Química Geral decorre em aulas teóricas, teórico-práticas e práticas. Nas aulas teóricas (1,5 h) são introduzidos os conceitos presentes no programa correspondente aos objetivos de aprendizagem, que são depois complementados durante as aulas teórico-práticas com a resolução de exercícios de aplicação. Os alunos têm ainda acesso a exercícios para resolver autonomamente fora das horas de contacto. Esta metodologia e articulação das duas tipologias de aulas visa uma melhor consolidação dos conteúdos introduzidos e permite ao aluno o progressivo desenvolvimento de competências e mais-valias na UC.*

*Nas aulas práticas os alunos executam tarefas que envolvem as técnicas laboratoriais simples e operações unitárias com o objectivo de dotar os alunos de competências para o desenvolvimento de trabalho em laboratório. Tendo em conta esta metodologia o regime de avaliação contínua com as suas várias vertentes, revela-se o mais apropriado permitindo ao aluno um maior envolvimento na UC ao longo do semestre.*

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

*Teaching of General Chemistry course takes place in theoretical and theoretical-practical classes, being, as above mentioned, the concepts with experimental application consolidated through the laboratory work. In the theoretical classes (1.5 h), the fundamental concepts of Chemistry indicated in the item "conteúdos programáticos" are presented with the appropriate detail. During the exposition, performed as indicated in the item "metodologias de ensino", suitable examples to trigger students' discussion are often used. In the theoretical-practical classes exercises on topics from all chapters of the programmatic contents are solved. Students also have access to exercises to resolve autonomously outside the contact hours. In the practical classes the students execute tasks involving simple laboratory techniques and unit operations to provide the necessary skills to develop laboratory work. This methodology, focused on the acquisition of curricular competences, the continuous assessment regime proved to be the most appropriate, providing to the student better involvement in the UC during the semester.*

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

*1. Chang, R., Goldsby, K.A., "Chemistry", McGraw-Hill, 11th ed., 2012*

*2. Romão Dias, A., "Ligação Química", IST Press, 2nd ed., 2009*

*4. DeKock, R.L., Gray, H.B., "Chemical structure and bonding", University Science Books, 1st ed., 1989*

**Mapa IV - Oficinas de Engenharia Física 2****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Oficinas de Engenharia Física 2*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Engineering Physics Workshops 2*

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

*ENG FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP - 12; PL - 33*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Vitor Manuel Barbas de Oliveira, 45*

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

*<sem resposta>*

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

*A unidade curricular de Oficinas de Engenharia Física 2 tem por objetivo principal familiarizar os alunos com a utilização de uma plataforma de prototipagem eletrónica (PPE) open-source de baixo custo, do tipo Arduino. Procura também destacar a utilidade das PPE na criação de sistemas que permitam, em simultâneo, a leitura e aquisição de dados vindos de sensores utilizados para medir grandezas físicas, e o tratamento desses dados por aplicações informáticas externas.*

*Neste contexto, após a aprovação na unidade curricular, o aluno deverá ser capaz de:*

- Realizar medições de grandezas elétricas utilizando uma PPE;*
- Programar uma PPE para receber e processar dados vindos de diferentes tipos de sensores;*
- Desenvolver um sistema de aquisição de dados baseado numa PPE;*
- Articular a utilização da PPE com outras ferramentas computacionais já adquiridas (Python ou MATLAB), de forma a desenvolver uma aplicação informática para tratamento dos dados adquiridos.*

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

*The main objective of the curricular unit of Engineering Physics Workshops 2 is to familiarize students with the use of a low cost open-source electronic prototyping platform (EPP), such as the Arduino platform. It also seeks to highlight the usefulness of the EPPs in the creation of systems that simultaneously allow the reading and acquisition of data coming from sensors, and its processing by computer applications (Python or MATLAB).*

*In this context, after approval in this curricular unit, the student should be able to:*

- Perform measurements of electrical quantities using an EPP;*
- Program an EPP to receive and process data from different types of sensors;*
- Develop a data acquisition system based on an EPP;*

- *Articulate the use of EPPs with other computational tools in order to develop a computer application for data processing.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução às PPE: Arquitetura. Entradas Analógicas e Digitais. Comunicação Serial. Software. Bibliotecas.*
2. *Sensores: Sensores óticos, térmicos e de efeito de Hall. Sensores de pressão, gases e ultrassons.*
3. *Aquisição de dados: Desenvolvimento de um protótipo laboratorial baseado num PPE para leitura e aquisição de dados.*
4. *Tratamento de dados: Desenvolvimento de uma aplicação informática para tratamento dos dados adquiridos com o protótipo laboratorial.*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction to EPP: Architecture. Analog and Digital Inputs. Serial Communication. Software. Libraries.*
2. *Sensors: Optical, thermal and Hall effect sensors. Pressure, gases and ultrasound sensors.*
3. *Data Acquisition: Development of a prototype based on an EPP for data acquisition.*
4. *Data processing: Development of a computer application for data processing.*

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

*Os conteúdos programáticos apresentados vão de encontro ao principal objetivo da unidade curricular que é familiarizar os alunos com a utilização de uma PPE. Nesse sentido, os pontos 1 e 2 introduzem os conceitos bases sobre a utilização das PPE e sua articulação com dispositivos externos, nomeadamente sensores. Nos pontos 3 e 4 os conhecimentos adquiridos são utilizados para desenvolver um protótipo de um sistema de aquisição e tratamento de dados que permita resolver um problema prático proposto no âmbito da engenharia física. A construção deste protótipo permitirá, por um lado, consolidar os conceitos já aprendidos nos pontos 1 a 3 e, por outro, aprender a articular a utilização de uma PPE com outras ferramentas computacionais.*

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

*The syllabus presented is in line with the main objective of the curricular unit, which is to familiarize students with the use of an EPP. Points 1 and 2 introduce the basic concepts on the use of EPPs and its articulation with external devices, namely sensors. In points 3 and 4, the acquired knowledge is used to develop a prototype of a data acquisition and processing system designed to solve a proposed problem in the field of Engineering Physics. The construction of this prototype will allow a consolidation of the concepts learned in points 1 to 3 and, and also to articulate the use of EPPs with other computational tools.*

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

##### *Lecionação de aulas teórico-práticas*

*As aulas teórico-práticas destinam-se a introduzir os conceitos teóricos básicos indispensáveis à compreensão e utilização de uma PPE e sua articulação com sensores externos. Sempre que possível são apresentados exemplos práticos e realizados exercícios para consolidar os conhecimentos.*

##### *Lecionação de aulas de prática laboratorial*

*As aulas de prática laboratorial servirão para pôr em prática os conhecimentos adquiridos nas aulas teórico-práticas e para construir, desenvolver e testar um protótipo de um sistema de aquisição e tratamento de dados projetado para resolver um problema de engenharia física proposto.*

*Avaliação: Relatório escrito descrevendo o problema a resolver, o protótipo desenvolvido e os resultados obtidos. Apresentação oral do trabalho desenvolvido.*

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

##### *Lecturing of theoretical classes*

*The theoretical classes are intended to introduce the basic concepts essential to the understanding and use of an EPP and its articulation with external sensors. Whenever possible, practical examples and exercises will be used to consolidate these concepts.*

##### *Lecturing of laboratory classes*

*The laboratory classes will allow to put into practice the knowledge acquired in the theoretical classes and to build, develop and test a prototype of a data acquisition and processing system designed to solve a problem in the field of Engineering Physics.*

*Assessment: Written report describing the problem to be solved, the prototype developed, and the results obtained. Oral presentation of the work developed.*

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

*Para cumprir o objetivo da unidade curricular, as aulas teórico-práticas servirão para introduzir os conceitos chave subjacentes ao funcionamento e utilização de uma PPE. Uma parte das aulas laboratoriais será utilizada para reforçar estes conceitos com aplicações práticas, sendo as restantes utilizadas para o desenvolvimento de um protótipo experimental para solucionar um problema específico proposto no âmbito da engenharia física. Com esta metodologia, espera-se que cada aluno conclua esta unidade curricular tendo a capacidade de utilizar uma PPE para resolver problemas simples de aquisição e tratamento de dados em engenharia.*

*Em termos de avaliação, a realização do relatório escrito permitirá avaliar a qualidade do trabalho desenvolvido por cada grupo. Por outro lado, a apresentação oral permitirá aferir os conhecimentos individuais de cada aluno e desenvolver competências na área da exposição oral.*

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

*To fulfill the objective of the curricular unit, the theoretical classes will introduce the key concepts underlying the operation and use of EPPs. A part of the laboratory classes will be used to reinforce these concepts with practical applications, the rest being used for the development of an experimental prototype designed to solve a specific problem in the field of Engineering Physics. With this methodology, it is expected that students may be able to use an EPP to solve a simple problems of data acquisition and treatment.*

*In terms of evaluation, the written report will assess the quality of the work developed by each group, while the oral presentation will allow to assess the individual knowledge of each student, and also to develop skills in the area of oral exposure.*

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

1. Vitor Meireles, "Circuitos Eléctricos", LIDEL, 2009.
2. Massimo Banz, "Getting Started with Arduino", Make, 2008.
3. Matthew Thompson, "Arduino: The Essential Step by Step Guide to Begin Your Own Projects", DIY Programming Projects, 2018.
4. Volke Ziemann, "A hands-on course in sensors using the Arduino and Raspberry Pi", CRC Press, 2018.

### Mapa IV - Equações Diferenciais e Transformadas

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Equações Diferenciais e Transformadas*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Differential Equations and Transforms*

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

*MAT*

#### 4.4.1.3. Duração:

*semestre*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*TP - 90*

#### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

#### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

#### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

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

*José Leonel Linhares da Rocha, 90*

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

*<sem resposta>*

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

- 1. Identificar e resolver equações diferenciais ordinárias lineares de ordem superior e sistemas de equações lineares homogéneas de 1a ordem com coeficientes constantes.*
- 2. Elaborar diagramas de fase elementares e analisar o comportamento qualitativo de sistemas de equações diferenciais ordinárias lineares.*
- 3. Aplicar a transformada de Laplace à resolução de equações diferenciais com inputs descontínuos ou não diferenciáveis.*
- 4. Analisar fenómenos periódicos, usando séries de Fourier, e estender os conceitos desenvolvidos a fenómenos não periódicos, através do método de Fourier e da transformada de Fourier.*
- 5. Modelar problemas de aplicação apropriados aos temas abordados e resolver os problemas de valores iniciais e de valores na fronteira associados com a respetiva análise crítica.*

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

- 1. Identify and solve linear ordinary differential equations of higher order and 1st order homogeneous linear systems with constant coefficients.*
- 2. Develop basic phase plane diagrams and analyse the qualitative behavior of linear systems.*
- 3. Apply the Laplace transform to solve differential equations with discontinuous or nondifferentiable inputs.*
- 4. Analyse periodic phenomena, using Fourier series, and extend the concepts to non-periodic phenomena, through the Fourier method and Fourier transform.*
- 5. Model and solve initial values problems and boundary value problems with Fourier and Laplace methods, and being able to make the associated critical analysis.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Sistemas de EDOs lineares: EDOs lineares de ordem superior. Equações homogénea e completa. Sobreposição de soluções. Sistemas de eq. dif. lineares de 1a ordem. Teoria qualitativa. Plano de fases, pontos críticos e estabilidade.*
- 2. Transformada de Laplace real. Convolução. Aplicação à resolução de eq. com inputs descontínuos ou não diferenciáveis.*
- 3. Análise de Fourier: Série de Fourier, fórmulas de Euler, ortogonalidade do sistema trigonométrico e convergência. Prolongamentos pares e ímpares. Integral e transformada de Fourier.*
- 4. EDPs: Conceitos básicos. Modelação: corda vibrante. Equação de onda unidimensional. Método de separação de variáveis. Solução de D'Alembert para a equação de onda. Fluxo de calor. Soluções unidimensionais dependentes do tempo. Soluções bidimensionais no estado estacionário (equação de Laplace). Potencial eletrostático. Fluxo de calor numa barra infinita. Transformadas de Laplace e de Fourier aplicadas a EDPs.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Systems of linear ODEs: linear ordinary differential equations of higher order. Homogeneous and complete equations. Superposition of solutions. Systems of linear differential equations of 1st order. Introduction to qualitative theory. Phase plane, critical points and stability.*
- 2. Real Laplace transform. Convolution. Application to differential equations with discontinuous or nondifferentiable inputs.*
- 3. Fourier Analysis: Fourier series, Euler formulas, orthogonality of trigonometric system and convergence. Odd and even extensions. Fourier transform and Fourier integral.*
- 4. Partial differential equations: Basic concepts. Vibrating string. One-dimensional wave equation. Separation of variables. D'Alembert solution of the wave equation. Heat flow. Unidimensional time dependent solutions. Bidimensional steady state solutions (Laplace equation). Electrostatic potential. Heat flux in an infinite bar. Laplace and Fourier transforms applied to partial differential equations.*

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

*Os objetivos 1 e 2 são concretizados com o estudo do primeiro capítulo dos conteúdos programáticos, onde é dada especial importância à análise qualitativa de sistemas e ao estudo de equações lineares de ordem superior por redução a sistemas.  
O objetivo 3 é trabalhado no segundo capítulo, e no terceiro capítulo aprofundam-se os conhecimentos necessários para cumprir o 4o objetivo.*

*No quarto capítulo, aplicam-se os conhecimentos adquiridos nos capítulos anteriores, através da resolução de alguns problemas aplicados de EDPs, alcançando-se o quinto objetivo da unidade curricular.*

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

*The goals 1 and 2 are achieved with the study of the first chapter of the syllabus, where special attention is given to the qualitative behavior analysis on systems and the study of linear higher order equations by reduction to systems.*

*The 3rd and 4th goals are tackled, respectively, in the second and third chapters.*

*In the fourth chapter, the knowledge acquired in the previous chapters is used in the approaches to solve some applied problems of PDEs, achieving the fifth goal of the course.*

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

*Ensino teórico prático, estando previstas cerca de 90h de contacto. O tempo total de trabalho do estudante é de 160h.*

*Aulas teórico-práticas para apresentação e fundamentação da teoria, a par de exemplos de aplicação e resolução de exercícios. Regularmente, aulas dedicadas à resolução de exercícios de aplicação direta e ao estudo de problemas.*

*Trabalhos práticos a serem resolvidos individualmente ou em grupo, em aula ou extra aula, nos quais é dado especial ênfase a problemas aplicados.*

*Estudo individual complementado com a bibliografia e a resolução dos exercícios e problemas indicados.*

*A avaliação de conhecimentos compreende dois elementos: a média das classificações obtidas nos trabalhos práticos (NP) e uma prova teórico-prática global (NT), a qual pode ser realizada em período de aulas ou de exame.*

*A nota final do aluno (NF) é dada por:  $NF=0,75NT+0,25NP$ .*

*Para obter aprovação na UC o aluno deve obter uma nota mínima de 8 em NT e de 9,5 em NF.*

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

*Theoretical and practical teaching, in an estimated 90 contact hours. The student work total time is 160 hours.*

*Classes consisting of the presentation and justification of the theory along with applied examples and exercise solving. Some classes consisting of exercise solving and problems study.*

*Practical assignments to be handed in either individually or in group and which can be solved in-class or extra-class, consisting primarily of applied problems.*

*Individual study to be complemented with the bibliography and the solving of the exercises and problems indicated.*

*Assessment comprises two elements: the average of the marks obtained in the practical assignments (NP) and a comprehensive theoretical and practical exam (NT), which can be taken either during classes or during the examination period.*

*The final grade of the student (NF) will be obtained by the formula*

*$NF = 0.75NT + 0.25NP$ .*

*For approval in the course the student must score a minimum of 8.0 in NT and of 9.5 in NF.*

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

*As aulas do tipo teórico-práticas justificam-se para uma rigorosa e completa cobertura dos tópicos do programa, os quais surgem como resposta a situações e problemas práticos para maior motivação do aluno e melhor compreensão dos conceitos e resultados. A resolução de exercícios em contexto de aula permite ilustrar a aplicação prática dos conceitos e ferramentas estudadas, ao mesmo tempo que se aprofundam os conhecimentos teóricos.*

*As listas de exercícios disponibilizadas, pela sua organização, conteúdo e diversidade do grau de dificuldade, permitem ao aluno acompanhar todos os tópicos da matéria e são o principal instrumento do estudo individual.*

*Os trabalhos práticos vão de encontro à necessidade de incentivar o aluno a acompanhar o desenrolar da matéria e a avaliar o sucesso da sua aprendizagem. O tipo de problemas, aplicado e menos direto, induzem o aluno a questionar e aprofundar os seus conhecimentos, ao mesmo tempo que lhe permite expandir as suas capacidades de análise, reflexão e crítica e a sua de trabalho autónomo.*

*Com o recurso sistemático a problemas aplicados e contextualizados, estudados com o auxílio de software matemático, pretende-se um maior motivação, eficácia e espetro da aprendizagem, pois possibilitam: praticar a formulação matemática de problemas, sua resolução e crítica; permitir uma experiência computacional direta na formalização e resolução de problemas; facilitar aos alunos o reconhecimento dos conceitos e técnicas estudados quando a estes têm que recorrer no seguimento dos seus estudos.*

*Além disso, a dinâmica de grupo, na componente de debate e entreajuda, potencia a obtenção de melhores resultados do que aqueles que, por si só, o estudo individual consegue. Pontualmente, são realizados controlos aos trabalhos entregues de modo a incentivar as suas corretas resoluções.*

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

*Lectures are central to a correct and comprehensive coverage of all topics of the syllabus, all of which arise as the answer to an applied problem for a greater motivation and a better understanding of the notions and results on the student's part. In-class exercise solving allows for a successful application of the theoretical knowledge to practical problems as well as a deepen of the scope of the theory.*

*By their organization, contents and diversity in the degree of difficulty, the exercise sheets allow students to closely monitor all topics of the syllabus and are the main tool regarding individual study.*

*Practical assignments lead students to closely follows classes and allow them to monitor their learning.*

*Consisting of less straightforward problems, they lead students to question and deepen their knowledge while further developing their working and independence skills as well as a stronger development of their analysis, reflection and criticism skills.*

*The systematic use of applied and real life problems, tackled with the aid of mathematical software, aims at increasing motivation, efficiency and spectrum of learning, by enabling: to practice the mathematical formulation of problems, their solution and criticism; to enable computational experiences in direct mathematical formalization of problems and their solution; to help students to recognize the concepts and techniques studied when they are met in the course of their studies.*

*Moreover, group dynamics encourages debate and support between students during lectures, leading to better results than those achieved by individual study alone. Occasional control is made on the reports handed in.*

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

1. Dyke, P., "An Introduction to Laplace Transforms and Fourier Series", Springer, 2014.

2. Mallat, S., "A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way", Elsevier, 2009.

3. Strang, G., "Computational Science and Engineering", Wellesley-Cambridge Press, 2007.

3. Hirsh, M., Smale, S., "Differential Equations, Dynamical systems and Linear Algebra", Academic Press, Inc., 1974.

4. Kreyszig, E., "Advanced Engineering Mathematics", Wiley, 8th edition, 1999.

5. Zill, D., "Advanced Engineering Mathematics", Jones and Bartlett, 2005.

6. Boyce, W., DiPrima, R., "Equações Diferenciais Elementares e Problemas de Valor de Contorno", Livros Técnicos e Científicos, Editora, 1998.

7. Figueiredo, D., "Análise de Fourier e Equações Diferenciais Parciais", Projeto Euclides 1997.

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

*Campos e Ondas Eletromagnéticas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Electromagnetic Fields and Waves*

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

*FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T - 45; TP - 16,5; PL - 6*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*António Manuel Carreiras Casaca, 45*

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

*Pedro Manuel Fernandes Carvalho da Silva, 22,5*

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

- 1. Conhecer as leis fundamentais que regem os campos eléctricos e magnéticos e a sua propagação no espaço e na matéria sob a forma de ondas electromagnéticas.*
- 2. Analisar e resolver problemas envolvendo campos electromagnéticos e ondas electromagnéticas, aplicando os fundamentos teóricos aprendidos.*
- 3. Interpretar e tratar os dados adquiridos em experiências laboratoriais exemplificativas das leis do Electromagnetismo.*

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

- 1. To know the laws that rule electric and magnetic fields and their propagation in space and matter as electromagnetic waves.*
- 2. To solve and analyse problems related to electric and magnetic fields and to electromagnetic radiation, by applying the acquired theoretical concepts and laws.*
- 3. To interpret and analyse the experimental data obtained in laboratory, exemplifying electromagnetic laws and phenomena.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Electrostática. Campo e potencial eléctrico gerados por cargas pontuais ou por distribuições contínuas de carga eléctrica. O dipolo eléctrico e expansões multipolares. Energia potencial electrostática. Campo eléctrico na matéria. Polarização em dieléctricos. Condutores, semicondutores e supercondutores. Condensadores cerâmicos e condensadores electrolíticos.*
- 2. Magnetostática. Vector indução magnética. Leis de Biot-Savart e de Ampère. Força de Lorentz e força magnética sobre condutores. Campo magnético na matéria. Magnetização e vector campo magnético. Diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo. Energia armazenada no campo magnético.*
- 3. Equações de Maxwell. Lei de Faraday-Lenz.*
- 4. Ondas electromagnéticas e respectiva propagação no vácuo e na matéria. Ondas planas, esféricas e cilíndricas. Energia das ondas electromagnéticas e vector de Poynting. Polarização. Reflexão e transmissão. Atenuação das ondas electromagnéticas em meios dispersivos.*
- 5. A física do smartphone.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Electrostatics. Electric field and potential of point charges and continuous charge distributions. Electric dipole and multipole expansions. Electrostatic energy. Electrostatic field in matter. Polarization in insulators. Conductors, semiconductors and superconductors. Ceramic and electrolytic capacitors.*
- 2. Magnetostatics. Biot-Savart's law and Ampère's law. Magnetic force on a point charge and on a current-carrying conductor. Magnetic field in matter. Magnetization and magnetic field vector. Diamagnetism, paramagnetism and ferromagnetism. Magnetic energy.*
- 3. Maxwell's equations. Faraday's law and Lenz's law.*
- 4. Electromagnetic waves and its propagation in space and matter. Planar, cylindrical and spherical Electromagnetic waves' energy and Poynting vector. Polarization of electromagnetic waves. Reflection and transmission. Attenuation of electromagnetic waves in dispersive media.*
- 5. The physics of smartphones.*

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

*O programa permite aos alunos apreender os conceitos e leis fundamentais do Electromagnetismo, aplicando-os na resolução de problemas conceptuais clássicos e de problemas práticos que envolvam a produção de campos electromagnéticos e a sua aplicação em dispositivos. O programa segue os critérios utilizados internacionalmente em unidades curriculares análogas. As aulas teórico-práticas são sempre acompanhadas por vários exemplos cuja análise promove a discussão em sala de aula e a mais fácil assimilação da teoria bem como a sua ligação a outras unidades curriculares da Licenciatura em Engenharia Física Aplicada. A realização dos exercícios propostos nas séries de problemas permite aos alunos, individualmente ou em grupo, aplicar os conceitos teóricos a uma larga variedade de situações práticas.*

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

*The program allows the students to apprehend the basic laws and concepts of Electromagnetism, envisaging their application in solving classic conceptual problems, as well as practical problems*

*involving the generation of electromagnetic fields and its application to devices. The program follows well established criteria for curricular units with similar objectives and content. The resolution of exercises and the use of practical examples in the theoretical lessons promotes an easier understanding of the theoretical concepts and relates these to other subjects of the degree.*

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

*As aulas dividem-se em aulas teórico-práticas e aulas práticas laboratoriais. As primeiras terão uma parte expositiva com recurso a meios audiovisuais, sendo apresentados exemplos práticos de aplicação dos conceitos teóricos expostos; a outra parte das aulas será dedicada à resolução de exercícios. As aulas laboratoriais destinam-se à realização de 4 experiências que permitem testar e demonstrar os conceitos e leis aprendidos nas aulas teóricas. A avaliação tem uma componente teórica, com o peso de 3/4 da nota final e uma componente laboratorial, com o peso de 1/4 da nota final. A nota teórica é obtida mediante a realização de dois testes durante o período lectivo ou de um exame final. A nota laboratorial é obtida pela média das notas obtidas nos relatórios dos trabalhos laboratoriais. A aprovação na disciplina implica a obtenção da nota mínima de 10 valores nas componentes teórica e laboratorial, não podendo a nota de qualquer dos testes ou relatórios ser inferior a 8 valores.*

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

*The course is divided in theoretical lessons and practical lessons in laboratory. The theoretical lessons have two parts: one for the presentation of the theoretical concepts, practical examples being presented; the other part is used for the resolution of exercises. The practical lessons are used to perform four laboratory activities in order to test and demonstrate the laws and concepts of Electromagnetism. The final grade has a theoretical component, worth three-quarters of the grade, and a laboratory component, worth one-quarter of the grade. The theoretical component is evaluated by performing two written tests during the teaching term or a final exam. The laboratory component is obtained as the average of the marks obtained in the four laboratory reports. The success in the course is achieved by obtaining a minimum grade of 10 in the theoretical and laboratory components, while none of the tests or reports may obtain a mark lower than 8.*

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

*A realização de exercícios permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos de forma operativa. A exposição frequente de exemplos práticos permite a ligação ao mundo real e às outras unidades curriculares do curso. A realização das actividades laboratoriais permite aos alunos verificar a validade dos conceitos teóricos aprendidos. A utilização de equipamentos e dispositivos laboratoriais com diferentes configurações promove a discussão das dificuldades técnicas inerentes a qualquer processo de medição, permitindo aos alunos aplicar conhecimentos aprendidos noutras unidades curriculares ou adquiridos extracurricularmente. A elaboração dos relatórios das actividades laboratoriais treina os alunos para o uso de ferramentas informáticas de cálculo e para o tratamento rigoroso e crítico de dados experimentais.*

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

*Solving exercises will allow the students to strengthen their theoretical knowledge acquisition in an operative way. The frequent use of real world examples will trigger the students' interest and will contextualize the learned matters in the more general framework of their degree. The laboratory activities allow the students to test and validate the acquired theoretical concepts. The use of diversified laboratory equipment promotes the discussion on the technical difficulties inherent to any measuring process, enabling the students to apply knowledge acquired in other courses or in extracurricular activities. The laboratory reports' preparation will promote the use of calculus software as well as a critical and rigorous treatment of experimental data.*

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

1. J. Loureiro, *Eletromagnetismo e Ótica*, 1ª edição, IST Press, Lisboa, 2019.
2. D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física – Volume 3*, 10ª edição, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 2016.
3. A. B. Henriques e J. C. Romão, *"Electromagnetismo"*, 1ª edição, IST Press, Lisboa, 2006.
4. P. Lorrain, D. Corson e F. Lorrain, *"Campos e Ondas Electromagnéticas"*, 3ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2000.
5. D. J. Griffiths, *"Introduction to Electrodynamics"*, 3rd edition, Prentice-Hall, New Jersey, 1999.
6. R. K. Wangsness, *"Electromagnetic Fields"*, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, 1986.

### **Mapa IV - Ciência e Engenharia dos Materiais**

#### **4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Ciência e Engenharia dos Materiais*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Materials Science and Engineering*

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

*ENG FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T - 45; TP - 19,5; PL - 3*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Pedro Lúcio Maia Marques de Almeida, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

*Ter um conhecimento dos materiais e da ciência dos materiais a várias escalas desde a atômica até à macroscópica, relacionando fenómenos e propriedades à escala macroscópica com a estrutura atômica dos materiais e a ligação química. Tomar conhecimento das diferentes classes de materiais existentes, as suas propriedades intrínsecas, formas de as otimizar e quais as aplicações mais adequadas a cada classe de materiais, tendo em consideração as limitações dos vários tipos de materiais. Conhecer a degradabilidade dos materiais e a sua reciclabilidade. Ter contacto com factores de decisão da selecção de materiais, não unicamente com base nas propriedades, como também por exemplo no custo ou forma de processamento.*

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

*To acquire knowledge of materials and materials science at various scales from atomic to macroscopic, relating phenomena and properties to macroscopic scale with the atomic structure of materials and chemical bonding. Acknowledging the different classes of materials, their intrinsic properties, ways to optimize them and what applications are best suited to each class of materials, taking into account the limitations of the various types of materials. Know the degradability of materials and their recyclability. Have contact with decision factors in the selection of materials, not only on the basis of properties, but also in the cost or way of processing.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Estrutura atômica e ligação química; A Estrutura dos sólidos cristalinos; Defeitos cristalinos; Difusão.*
- 2. Propriedades mecânicas dos materiais metálicos.*
- 3. Diagramas de fases; Transformações de fases nos metais; Tratamentos térmicos.*
- 4. Processamento e aplicações de ligas metálicas.*
- 5. Estrutura e propriedades dos materiais cerâmicos; processamento e aplicações dos materiais cerâmicos.*
- 6. Estrutura e propriedades dos materiais poliméricos; Processamento e aplicações dos materiais poliméricos.*
- 7. Materiais compósitos; Processamento e aplicações dos materiais compósitos.*
- 8. Corrosão e degradação dos materiais.*

9. *Propriedades eléctricas, magnéticas e térmicas dos materiais.*

10. *Questões económicas e ambientais na seleção de materiais.*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Atomic structure and interatomic bonding; the structure of crystalline solids; Defects and imperfections in solids; Diffusion.*

2. *Mechanical properties of metallic materials.*

3. *Phase diagrams; Phase transformations; Thermal treatments.*

4. *Processing and application of metal alloys;*

5. *Structure and properties of ceramic materials; Processing and application of ceramic materials.*

6. *Structure and properties of Polymeric materials; Processing and applications of polymeric materials.*

7. *Composites materials; Processing and applications of composite materials.*

8. *Corrosion and degradation of materials.*

9. *Electrical, magnetic and thermal properties of material.*

10. *Economic and environmental issues in materials selection.*

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

*O programa começa por conduzir os alunos para o conhecimento dos constituintes fundamentais da matéria – átomos e moléculas – fazendo depois a relação com a forma como as interações entre estes determinam as propriedades macroscópicas dos materiais. Será feita uma abordagem a todas as classes de materiais, focando as propriedades intrínsecas de cada classe, formas de processamento, degradabilidade e principais aplicações em função das suas propriedades. Serão abordadas as aplicações dos vários tipos de materiais em particular aplicações e materiais recentes e de última geração.*

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

*The program is conceived as a building up process that will allow the students to understand materials from the fundamental constituents of matter - atoms and molecules - then to the relationship with how the interactions between them determine the macroscopic properties of materials. An approach will be taken to all classes of materials, focusing on the intrinsic properties of each class, forms of processing, degradability and main applications in function of their properties. The applications of the various types of materials, particularly recent applications and materials, will be addressed.*

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

*As aulas dividem-se em aulas teórico-práticas e aulas práticas laboratoriais. As aulas teórico-práticas terão uma parte expositiva com recurso a diversos meios audiovisuais (Moodle), com apresentação de ex. práticos; a outra parte das aulas será dedicada à resolução de exercícios. As aulas laboratoriais destinam-se à realização, pelos alunos, de 2 experiências que permitem testar e demonstrar alguns dos conceitos e leis aprendidos nas aulas teóricas.*

*A avaliação tem uma componente teórica, com o peso de 4/5 da nota final e uma componente laboratorial, com o peso de 1/5 da nota final. A nota teórica é obtida mediante a realização de dois testes durante o período lectivo ou de um exame final. A nota laboratorial é obtida pela média das notas obtidas nos relatórios dos trabalhos laboratoriais. A aprovação na disciplina implica a obtenção da nota mínima de 10 valores nas componentes teórica e laboratorial, não podendo a nota de qualquer dos testes ou relatórios ser inferior a 8 valores.*

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

*The lessons are divided in two parts: one for the presentation of the theoretical concepts, using data shows and other available media (Moodle), and frequent practical examples are presented; the other part is used for the resolution of exercises. Two laboratory lessons will be held in order to test and demonstrate some of the laws and phenomena studied in the theoretical lessons. The final grade has a theoretical component, worth four-fifths of the grade, and a laboratory component, worth one-fifth of the grade. The theoretical component is evaluated by performing two written tests during the teaching term or a final exam. The laboratory component is obtained as the average of the marks obtained in the two laboratory reports. The success in the course is achieved by obtaining a minimum grade of 10 in the theoretical and laboratory components', while none of the tests or reports may obtain a mark lower than 8.*

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

*A realização de exercícios permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos de forma operativa. A exposição frequente de exemplos práticos permite a ligação ao mundo real e às outras unidades curriculares do curso. A realização das atividades laboratoriais permite aos alunos verificar a validade de alguns dos conceitos teóricos aprendidos.*

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

*Solving exercises will allow the students to strengthen their theoretical knowledge acquisition in an operative way. The frequent use of real world examples will trigger the students' interest and will contextualize the learned matters in the more general framework of their degree. The laboratory activities will allow the students to test and validate some of the acquired theoretical concepts.*

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

1. *William D. Callister Jr. e David G. Rethwisch, "Ciência e Engenharia de Materiais, Uma Introdução", 9ª Edição, Livros Técnicos e Científicos, Ltd., Rio de Janeiro, 2016.*
2. *W. Smith, Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais, 3ª edição, McGraw-Hill, 1996.*
3. *H. Young e R. Freedman; "Sears e Zemansky Física IV - Ótica e Física Moderna", 10ª edição, Addison Wesley, São Paulo 2004.*
4. *D. Halliday, R. Resnick e K. Krane, "Física 4", 5ª edição, Livros Técnicos e Científicos, Ltd., Rio de Janeiro 2003.*

**Mapa IV - Ferramentas de Modelação Geométrica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Ferramentas de Modelação Geométrica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Geometrical Modelling Tools*

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

*ENG MEC*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP - 67,5*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*João Manuel Candeias Travassos, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

*Objetivos:*

1. *Desenvolvimento da capacidade de conceção de peças, através da modelação geométrica, com recurso a ferramentas CAD;*
2. *Montagem de todos os componentes modelados respeitando a cinemática do conjunto;*

*Competências:*

*1- Modelar componentes a três dimensões, utilizando programas paramétricos e associativos.*

*2 - Conhecer:*

- *os princípios associados à constituição de conjuntos de peças, sabendo estabelecer as relações entre os diversos componentes quer posicionais, de movimento ou de interferência;*
- *os princípios gerais do desenho de construções mecânicas, por forma a realizar o desenho de definição*

de uma peça, e os conjuntos em desenhos de conjunto;

- e saber aplicar operações de extrusão, revolução, com geometria por varrimento e por transição de secções em peças 3D;
- e saber aplicar os conceitos relativos à geração de superfícies em peças 3D;
- e saber utilizar corretamente elementos normalizados, disponíveis nas bibliotecas de ferramentas.

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

*The objectives of Computer Aided Drawing (CAD) are to provide the adequate knowledge on the usage of a computerized tool that will enable students to produce 2D and 3D drawings. This useful knowledge will allow students to improve their performance in subjects done later in the course, such as, Mechanical Construction Drawing and the final Project.*

*Specific Skills:*

*CAD allows its users to develop the creation of 3 dimensional parts by means of a computerized tool and the conversion of 3D models in 2 dimensional drawings, in accordance with the existing technical normative. It also allows the optimization of the workflow.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. **INTRODUÇÃO:** O que é um software de modelação gráfica
2. **MODELAÇÃO DE SÓLIDOS:** Representação de sólidos utilizando várias metodologias. Escolha do melhor perfil para representação da peça. Esboços 2D e 3D.
3. **MODELAÇÃO DE CONJUNTOS DE PEÇAS:** Relação entre peças (posicionamento). Análise do movimento relativo e interferências. Alteração de propriedades. Vistas explodidas em 3D. Importação de componentes normalizadas.
4. **PRODUÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA:** Normalização: terminologia, formatos (modelos), legendas e projeções ortogonais, simbologia, esquadrias, tipos de linhas e traços. Produção de documentação: Elaboração de desenhos de definição de componente e de conjunto, vistas necessárias e suficientes, inserção e critérios de cotagem, toleranciamento, linhas invisíveis, adição de notas, vistas auxiliares, cortes e pormenores. Posições extremas dos componentes dos conjuntos. Listas de peças e materiais. Exemplos de associatividade entre os modelos 3D e os desenhos em 2D.

#### 4.4.5. Syllabus:

1. **INTRODUCTION TO THE 2D SKETCHING:** Choice of the best profile; Drawing of the 2D parts sketches; Relations between entities.
2. **CREATION OF 3D PARTS:** Three-dimensional modelling; Basic geometric primitives. Parametric, associative and variable characteristics. Practical exercises of 3D parts.
3. **ASSEMBLED PARTS MODELLING:** "Mating" parts. Assembled parts; Associative and parametric relations; Change of properties; Exploded views in 3D; Weld symbols; Import of normalized parts.
4. **PRODUCTION OF TECHNICAL DOCUMENTATION CONCERNING THE DESIGN, PRODUCTION AND ANALYSIS:** Standardization. Drafting: Drawings of individual parts and assemblies, the adequate views, the criteria of the insertion of dimensions, tolerances, invisible lines, addition of notes, auxiliary views, sections and detailed views. Relation between 3D and 2D drawings.

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

*O conteúdo programático apresentado inclui todos os temas descritos nos objetivos acima apresentados. Ao longo das aulas serão administrados todos os conteúdos necessários com vista atingir os objetivos específicos descritos, nomeadamente quanto à melhor utilização dos programas de CAD e sua correta aplicação.*

*Nas aulas teórico-práticas os alunos serão acompanhados ao longo do seu trabalho de forma a garantir a aquisição das competências exigidas.*

*Em todas as aulas são dados exercícios práticos, que acompanham os conteúdos programáticos definidos, sucessivamente mais exigentes, e cuja execução é acompanhada pelo docente, por forma a garantir a correta aquisição dos conhecimentos necessários.*

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

*The presented syllabus includes all issues described in the presented objectives of the curricular unit. Throughout the classes all necessary contents to achieve the specific objectives described will be given, paying special attention to the software and its best usage. During practical classes students will be accompanied throughout their work to ensure the acquisition of the required skills.*

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

*A metodologia de ensino prevê formação em Laboratório apropriado, nas suas componentes, teórica e prática, recorrendo à bibliografia de apoio à Unidade Curricular. Simultaneamente, é disponibilizada documentação de apoio na plataforma Moodle, onde são, igualmente, disponibilizados exercícios complementares, de grau de dificuldade crescente.*

*A avaliação compreende três Trabalhos Práticos (TP1, TP2 e TP3) e um Trabalho Final pedagogicamente fundamental (TF), sendo a Nota Final calculada conforme a seguir se indica:*

*Nota Final=0,2 TP1+0,1 TP2+0,2 TP3+0,5 TF*

*(TP1+TP3)/2≥8*

*TF≥10*

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

*Teaching Methodology:*

*The teaching methodology is based upon practical exercises. In accordance with the program, the difficulty of the exercises increases during the semester.*

*Assessment:*

*The practical exercises (T1, T2 e T3) and the pedagogically fundamental assignment (TF) are the main assessment elements.*

*Final Grade=0,2 TP1+0,1 TP2+0,2 TP3+0,5 TF*

*(TP1+TP3)/2≥8*

*TF≥10*

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

*Ao longo das aulas serão ministrados todos os conteúdos necessários à aquisição de conhecimentos por parte do aluno, garantindo que todos os objetivos teóricos são abordados no decorrer desta componente. Nas aulas, que são essencialmente teórico-práticas, serão apresentados trabalhos variados, de dificuldade e complexidade crescentes, que serão realizados pelos alunos sob orientação direta do docente, analisando o conteúdo estrutural e técnico do mesmo, tendo em conta o alcançar dos objetivos definidos na unidade curricular.*

*A metodologia seguida nas aulas é baseada na utilização do software, com projeção vídeo em ecrã para acompanhamento dos alunos. São ainda aplicadas técnicas de Aprendizagem Ativa, com jogos online fomentando a colaboração entre os alunos e a salutar competição, motivando os mesmos à aquisição dos conhecimentos.*

*Ao longo do semestre, os alunos realizarão (em grupo) um projeto no qual terá de demonstrar o seu conhecimento sobre todas as matérias apreendidas de uma forma global e integrada. A organização de Seminários sobre os softwares, a possibilidade de realização de certificação para os alunos com nota igual ou superior a 15 valores no Trabalho Final ou na UC e o incentivo à participação nos concursos nacionais e internacionais dos representantes dos programas usados, também é entendido como um fator motivador para o sucesso dos alunos.*

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

*Throughout the classes will be taught all the contents necessary for the acquisition of knowledge by the student, ensuring that all theoretical objectives are addressed during this component.*

*In the classes, which are essentially theoretical and practical, will be presented varied works of increasing difficulty and complexity, which will be performed by students under the direct guidance of the teacher, analyzing its structural and technical content, taking into account the achievement of the objectives defined in course.*

*The methodology followed in class is based on the use of the software, with video projection on screen to accompany the students. Active Learning techniques are also applied, with online games fostering collaboration between students and healthy competition, motivating them to knowledge acquisition.*

*Throughout the semester, students will undertake (in group) a project in which they will have to demonstrate their knowledge of all the subjects learned in a global and integrated way.*

*The organization of software Seminars, the possibility of certification for students with a grade equal to or higher than 15 in the Final Work or UC and the incentive to participate in national and international competitions of the representatives of the programs used, is also understood as a motivating factor for student success.*

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

1. Simões Morais. *DESENHO TÉCNICO BÁSICO – Vol III - Porto Editora*
2. A.Silva, J. Dias, C. T. Ribeiro, L. Sousa, *DESENHO TÉCNICO MODERNO, 12ª Edição, Editora LIDEL, ISBN 978-972-757-337-0, 2012.*
3. *Guia do Aluno de Aprendizagem do Software SolidWorks Dassault Systèmes - SolidWorks Corporation. MySolidworks.com*
4. Costa, A., *AUTODESK Inventor Curso Completo. FCA*
5. C. António, *AUTODESK Inventor Depressa e Bem. FCA*
6. *Recursos Académicos do Solid Edge. Siemens.*
7. *Material disponibilizada no Moodle e em plataformas de Aprendizagem ativa.*
8. *Tutoriais disponibilizados pelas aplicações de CAD.*

**Mapa IV - Oficinas de Engenharia Física 3****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Oficinas de Engenharia Física 3*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Engineering Physics Workshops 3*

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

*ENG FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP - 12; PL 33*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Manfred Niehus, 45*

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

*<sem resposta>*

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

*O objetivo é dotar o estudante com capacidade para analisar e desenvolver módulos e sistemas para a estimação e o controlo de grandezas físicas, baseados em ferramentas e técnicas digitais. Conhecimentos e competências a desenvolver são:*

- 1. Conhecer características de sensores e atuadores de grandezas físicas e técnicas de calibração;*
- 2. Conhecer técnicas de controlo digital direto (em malha aberta) de atuadores, incluindo motores (dc e servo) e fontes de luz e de som, e as implementações no microcontrolador (arduino);*
- 3. Conhecer protocolos de comunicação digital e técnicas de modelação e programação de sistemas virados para modularidade e paralelismo, e implementações;*
- 4. Conhecer técnicas de estimação de grandezas físicas via fusão de sensores, e implementações;*
- 5. Conhecer e saber analisar, implementar e testar técnicas de controlo digital em malha fechada;*
- 6. Saber modelar, implementar e testar projeto de estimação e controlo em computação distribuída*

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

*The goal is to equip the student with the capability to analyze and develop modules and systems for the estimation and the control of physics quantities, based on digital tools and technologies. Knowledge and competences to be developed are:*

- 1. Know principal characteristics of sensors and actuators of physical entities and their calibration;*
- 2. Know techniques for direct (open loop) control of actuators, including motors (dc and servo) and light and sound sources, and microcontroller (arduino) implementation*
- 3. Know protocols of digital communication and modeling and programming techniques for systems driven by modularity and parallelism, and implementation*
- 4. Know estimation techniques via sensor fusion, and implementation*
- 5. Know, analyze, implement and test projects with digital closed-loop control*
- 6. Know to model, implement and test estimation and control projects with distributed computation.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. Características (função de transferência, linearidade, precisão, gama, erro, constante de tempo) de sensores e atuadores (acelerómetro, giroscópio, sensor força/pressão, sensor temperatura, sensor intensidade de som e luz, codificador rotacional, sensor distância, odómetro, fonte de som e luz, motor dc e servo) de grandezas físicas (tempo e frequência, posição, velocidade e aceleração, massa, força/pressão, temperatura, intensidade de som e luz, comprimento de onda) e e calibração;
2. Sinais digitais TTL para controlo direto (em malha aberta) de atuadores e implementação;
3. Protocolos de comunicação digital (série, I2C e SPI, BT e BLE, WiFi) e modelação (diagramas UML) e programação virada para modularidade e paralelismo (máquinas de estado);
4. Técnicas de estimação (filtro Kalman) via fusão de sensores, com implementações da robótica;
5. Técnicas de controlo digital em malha fechada;
6. Modelar, implementar e testar projetos de estimação e controlo de computação distribuída.

**4.4.5. Syllabus:**

1. Characteristics (transfer function, linearity, precision, range, error, time constant) of sensors and actuators (accelerometers, gyroscopes, force/pressure sensors, temperature sensors, sound/light intensity sensors, rot encoder, distance, odometer, sound and light source, dc/servo motor) of physical entities and calibration;
2. digital TTL signals for direct (open loop) control of actuators, including motors (dc and servo) and light and sound sources, and implementation
3. Protocols of digital communication (series, I2C and SPI, BT and BLE, WiFi) and modeling (UML diagrams) driven by modularity and parallelism (incl. state machines), and implementation
4. Estimation techniques (Kalman filter) via sensor fusion, implementation from robotics
5. Know, analyze, implement and test projects with estimation and digital closed-loop control
6. Model, implement and test projects of estimation and control in distributed computation.

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

*Os conteúdos programáticos são alinhados com os objectivos de aprendizagem.*

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

*The syllabus is streamlined with the intended learning outcomes.*

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

*O ensino é teórico-prático e laboratorial, estando previstas 15 aulas de 3 horas durante o semestre a que correspondem 45 horas de contacto. O tempo total de trabalho do estudante é de 162 horas. Os resultados da aprendizagem são avaliados na componente teórica individualmente com um exame (com peso de 50% na nota final), e na componente prática com relatórios e respetivas discussões em grupo de três alunos (com peso de 50% na nota final). Os objectivos agrupados 1-6 são avaliados em alturas separadas ao longo do semestre.*

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

*The teaching is of type theoretical-practical and laboratory, and 15 classes of 3 hours each are foreseen during the semester, corresponding to 45 hours of contact with the students. The total students workload is 162 hours.*

*The learning outcomes are evaluated in the theoretical component individually with an exame (weighting 50% to the final mark), and in the practical component with reports respective discussions by groups of three students (weighting another 50% in the final mark). The grouped outcomes 1-6 are evaluated at different instances throughout the semester.*

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

*Nas sessões teórico-práticas são apresentados e lecionados os conteúdos programáticos e feitos alguns exercícios complementares sobre cada um dos assuntos. Nas sessões laboratoriais de 3 horas semanais os alunos implementam os trabalhos de complexidade crescente e aprendem a programar de forma estruturada e hierárquica. Esta metodologia permite ao aluno realizar os trabalhos práticos propostos na unidade curricular. Cada trabalho prático é validado na prática.*

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

*In the theoretical-practical sessions the thematic topics are presented and lectured and some complementary exercises are realized for each topic. In the laboratory sessions the students implement the works with an increasing complexity and then learn to program in a structured and hierarquic way. This*

*methodology allows the student to realize the work as proposed in this curricular unit. Each practical result is validated in practice.*

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

1. Niehus M., “Sensores e Atuadores”, ISEL, 2018.
2. Banzi M., “Getting Started with Arduino”, Make, 2009.

**Mapa IV - Física da Deformação e Escoamento**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física da Deformação e Escoamento*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Physics of Deformation and Flow*

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

*ENG FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T - 45; TP - 16,5; PL - 6*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Paulo Ivo Cortez Teixeira, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

1. *Introduzir os fundamentos teóricos da elasticidade, da mecânica dos fluidos simples e complexos. Cada tema abordado será acompanhado de aplicações no âmbito da Engenharia.*
2. *Pretende-se que as noções associadas à deformação e escoamento dos materiais sejam adquiridas não só de forma abstracta, mas também de forma prática, recorrendo a experiências laboratoriais.*

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

1. *The main goal of this course is to introduce the fundamental concepts of elasticity and of mechanics of simple and complex fluids. Each topic will be accompanied by applications in the field of Engineering.*
2. *It is intended that the concepts of deformation and flow are acquired in a practical and intuitive manner, using experiments.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Introdução.*
2. *Corpos elásticos. Tensões e deformações. A lei de Hooke. Leis elásticas para grandes deformações. Módulos elásticos. Energia elástica. Elasticidade de volumes, linhas (barras ou cordas) e de superfícies (placas e cascas). Instabilidades elásticas. Ondas elásticas.*

3. *Fluidos simples. Densidade, pressão, compressibilidade. Tensão superficial. Lei de Laplace. Escoamentos ideais. A lei da continuidade. A equação de Bernoulli. Viscosidade e escoamentos laminares. A equação de Navier-Stokes. A equação de transporte da energia. Número de Reynolds. Lei de similitude. Instabilidades e Turbulência. Ondas superficiais.*

4. *Fluidos complexos. Tensão de cedência. Materiais reofluidificantes e reoespessantes. Plasticidade e Viscoelasticidade. Modelos de viscoelasticidade linear. Transição sol-gel. Diferenças de tensões normais. Viscoelasticidade generalizada e derivadas objectivas. Outros comportamentos: cristais líquidos, elastómeros, fluidos ativos. Mecânica das células.*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction.*

2. *Elastic bodies. Tensions and deformations. Hooke's law. Elastic laws for large deformations. Elastic moduli. Elastic energy. Elasticity of volumes, lines (strings) and surfaces (plates and shells). Elastic instabilities. Elastic waves.*

3. *Simple fluids. Density, pressure, compressibility. Superficial tension. Law of Laplace. Ideal flow. The law of continuity. Equation of Bernoulli. Viscosity and laminar flow. Equation of Navier-Stokes. Energy equation. Reynolds number. Law of similitude. Instability and Turbulence. Surface waves.*

4. *Complex fluids. Tensile strength. shear thinning and shear thickening materials. Plasticity and Viscoelasticity. Models of linear viscoelasticity. Sol-gel transition. Differences of normal stresses. Generalized viscoelasticity and objective derivatives. Other behaviors: liquid crystals, elastomers, active fluids. Mechanics of cells.*

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

*Os capítulos dos conteúdos programáticos correspondem aos conceitos fundamentais da elasticidade, da mecânica dos fluidos simples e complexos, referidos nos objectivos da unidade curricular. As aulas teóricas são sempre acompanhadas por vários exemplos, e tentando estabelecer ligações a outras unidades curriculares da LEFA. A realização dos exercícios propostos nas séries de problemas e as aulas laboratoriais permite aos alunos, individualmente ou em grupo, aplicar os conceitos teóricos a uma larga variedade de situações práticas.*

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

*The chapters of the syllabus correspond to the fundamental concepts referred in the intended learning outcomes of the curricular unit.*

*The theoretical sessions are always accompanied by several examples, trying to establish links with other curricular units of the course. The exercises of the practical sessions and the laboratory experiments allow students, individually or in groups, to apply the theoretical concepts to a wide variety of practical situations.*

*One of the laboratory works should be described and analyzed in the form of a detailed report, with a correct treatment of the experimental data.*

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

*Metodologias de ensino: Lecionação de aulas teóricas e aulas teórico-práticas. As aulas teórico-práticas compreendem aulas de resolução de problemas (10 aulas aprox.) e aulas de laboratório de frequência obrigatória (3 aulas).*

*Avaliação: Três testes, um por cada capítulo dos conteúdos programáticos (excluindo a introdução), em avaliação contínua, ou exame final (Teo), e componente prática de laboratório com a realização de 3 aulas laboratoriais pedagogicamente fundamentais (Lab). A nota de cada um dos trabalhos de laboratório (ou testes) deverá ser maior ou igual a 8,0 valores, e a média maior ou igual a 9,5 valores. Nota final: 70% Teo + 30% Lab.*

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

*Teaching Method: Lectures and practical sessions. The practical sessions include the resolution of problems (10 sessions aprox.) and laboratory experiments (3 sessions). The laboratory sessions are mandatory.*

*Assessment: 3 exams during the semester, or a final exam (Theory), and a practical component in the laboratory, with 4 practical works (Lab). The grade of each individual practical works (or exams) should be larger or equal to 8,0/20. Final grade: 70% Theory + 30% Lab.*

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

*A realização de um número elevado de exercícios permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos. A exposição frequente de exemplos práticos permite a ligação ao mundo real e às outras unidades curriculares do curso. Pretende-se igualmente fomentar a interação com os alunos e aumentar o seu grau de motivação.*

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

*The resolution of a large number of exercises allows students to test and consolidate the acquisition of theoretical concepts. The practical examples allow the students to connect to the real world and to other curricular units of the course. It will also foster the interaction with students and increase their motivation.*

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

1. Landau, L., Lifchitz, E., "Physique théorique, Vol. 7, Théorie de l'élasticité", Éd. MIR, 1990.
2. Beer, F., Johnston, Jr., E. R., DeWolf, J., Mazurek, D., "Mechanics of materials", McGraw-Hill, 2012.
3. Landau, L., Lifchitz, E., "Physique théorique, Vol. 6, Mécanique des fluides", Éd. MIR, 1986.
4. White, F. M., "Fluid mechanics", McGraw Hill, 2011.
5. Barnes, H. A., Hutton, J. F., Walters, K., "An introduction to rheology", Elsevier, 1989.
6. Morrison, F., "Understanding rheology", Oxford, 2001.
7. Larson, R. G., "The structure and rheology of complex fluids", Oxford UP, 1999.

**Mapa IV - Modelação em Física e Engenharia****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Modelação em Física e Engenharia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Modeling in Physics and Engineering*

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

*ENG FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP - 67,5*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Pedro Manuel Alves Patrício da Silva, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

1. *Saber resolver numericamente, utilizando e desenvolvendo uma linguagem computacional já adquirida (Excel, MATLAB), sistemas físicos simples descritos por equações discretas, diferenciais ordinárias ou parciais.*
2. *Conhecer as noções fundamentais associadas aos sistemas dinâmicos: pontos fixos, ciclos, bifurcações e transição para o caos.*
3. *Conhecer as noções fundamentais associadas à estabilidade numérica. Análise de von Neumann.*

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

1. To solve numerically, using and developing an already acquired computational language (Excel, MATLAB), simple physical systems described by discrete equations, ordinary or partial differentials.
2. Know the fundamental notions associated with the dynamic systems: fixed points, cycles, bifurcations and transition to chaos.
3. Know the fundamental notions associated with numerical stability. Von Neumann analysis.

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Sistemas dinâmicos discretos*
  - A equação logística. Pontos fixos. Bifurcações e transição para o caos.
2. *Sistemas dinâmicos contínuos*
  - Discretização de equações diferenciais ordinárias. Método de Euler e Runge-Kutta.
  - Aplicações: circuitos eléctricos simples, pêndulo simples e duplo, evolução de populações, etc.
3. *Sistemas descritos por equações diferenciais parciais*
  - Discretização das equações através do método das diferenças finitas.
  - Análise de Estabilidade de von Neumann.
  - Aplicações: equação de Laplace e de Poisson (elasticidade, electrostática), equação de difusão (da concentração ou do calor), equações de reacção-difusão (química, populações), equação de Navier-Stokes (fluidos).

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Discrete Dynamic Systems*
  - The logistic equation. Fixed points. Bifurcations and transition to chaos.
2. *Continuous Dynamic Systems*
  - Discretization of ordinary differential equations. Euler and Runge-Kutta Method.
  - Applications: single electrical circuits, single and double pendulum, population evolution, etc.
3. *Systems described by partial differential equations*
  - Discretization of equations using the finite difference method.
  - Stability analysis of von Neumann.
  - Applications: Laplace and Poisson equation (elasticity, electrostatic), diffusion equation (concentration or heat), reaction-diffusion equation (chemistry, populations), Navier-Stokes equation (fluids).

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

*Os vários pontos ou capítulos dos conteúdos programáticos correspondem aos conceitos fundamentais a adquirir referidos nos objectivos da unidade curricular.*

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

*The chapters of the syllabus correspond to the fundamental concepts referred in the objectives of the curricular unit.*

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

*Leccionação de aulas teóricas e aulas teórico-práticas. Durante as aulas teórico-práticas serão propostos alguns problemas numéricos para resolver através da implementação dum código em excel, Matlab, ou outra ferramenta de programação (c++). Os alunos devem utilizar estas aulas para iniciar os seus códigos, e tirar dúvidas sobre a correcta implementação dos algoritmos numéricos necessários para resolver os problemas propostos.*

*A avaliação de conhecimentos é realizada a partir da elaboração de dois trabalhos numéricos, um mais simples e imediato, outro ligeiramente mais elaborado, e ainda de um exame final escrito, abrangendo toda a matéria, com a duração de 2,5 horas, em qualquer das duas épocas de exame previstas no calendário escolar. Cada um dos trabalhos numéricos valerá 25% da nota final, enquanto que o exame final valerá os restantes 50%.*

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

*Lectures and practical sessions. During the practical sessions, it will be proposed some numerical problems to solve by implementing a code in excel, Matlab, or another programming tool (c++). Students should use these sessions to initiate their codes, and ask questions about the correct implementation of the necessary numerical algorithms to solve the proposed problems.*

*The assessment is carried out from two numerical works, a simpler and more immediate, another one slightly more elaborate, and a final written exam, covering the whole program, lasting 2.5 hours, in any one of the two examination periods in the school calendar. Each numerical work corresponds to 25% of the final grade, while the final exam corresponds to the remaining 50%.*

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

*Os exames medem a aquisição dos conceitos fundamentais dados na unidade curricular. Os trabalhos numéricos permitem a aquisição prática destes conceitos fundamentais.*

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

*The exams measure the acquisition of the fundamental concepts given in the curricular unit. The numerical projects allow the practical acquisition of these fundamental concepts.*

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

1. *Patrício, P., slides da unidade curricular de "Modelação em Física e Engenharia", disponibilizados no moodle.*
2. *Scherer P.O.J., "Computational Physics - Simulation of Classical and Quantum Systems", Springer-Verlag, 2010.*
3. *Thijssen, J., "Computational Physics", Cambridge University Press, 2007.*

**Mapa IV - Introdução à Física Moderna**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Introdução à Física Moderna*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Introduction to Modern Physics*

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

*FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T - 45; TP - 16,5; PL - 6*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Rui Alberto Serra Ribeiro dos Santos, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

1. *Conhecer e dominar os conceitos fundamentais da relatividade restrita e da mecânica quântica.*
2. *Conhecer a física fundamental atual, as partículas e as suas interações. Compreender de forma rudimentar o universo em larga escala, com uma breve introdução à cosmologia, matéria escura e energia escura. Conhecer os desafios da física fundamental.*
3. *Desenvolver competências na resolução de problemas específicos práticos onde é necessária a aplicação de relatividade restrita e de mecânica quântica.*

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

1. *Learn and master the fundamental concepts of special relativity and quantum mechanics.*
2. *Learn fundamental physics, the elementary particles and their interactions. Understand in simple terms the large scale Universe with a brief introduction to Cosmology, Dark Matter and Dark Energy. Discuss the present challenges of fundamental physics.*
3. *Applying learned concepts to solve practical problems where Special Relativity and Quantum Mechanics.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Relatividade Restrita: transformações de Lorentz; cinemática; dinâmica.*
2. *Teoria Quântica da Luz: corpo negro; efeito fotoelétrico; difusão Compton.*
3. *Propriedades Ondulatórias da Matéria: dualidade onda-partícula; princípio de incerteza de Heisenberg.*
4. *Mecânica Quântica: equação de Schroedinger; níveis de energia do Hidrogénio.*
5. *Modelo Padrão da Física de Partículas: simetria; partículas elementares; interacções forte e fraca.*
6. *Tópicos especiais: Big Bang; matéria escura; energia escura; e que mais?*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Special Relativity: Lorentz transformations; kinematics; dynamics.*
2. *Quantum Theory of Light: Black-body radiation; photoelectric effect; Compton scattering.*
3. *Wavelike Properties of Particles: wave-particle duality; Heisenberg uncertainty principle.*
4. *Quantum Mechanics: Schroedinger equation; hydrogen energy levels.*
5. *Standard Model of Particle Physics: symmetry; elementary particles; strong and weak interactions.*
6. *Special Topics: Big Bang; dark matter, dark energy; and what else?*

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

*O programa segue os critérios utilizados internacionalmente em unidades curriculares semelhantes inseridas em cursos de engenharia. As aulas teóricas são sempre acompanhadas por vários exemplos cuja análise promove a discussão em sala de aula e a mais fácil assimilação da teoria, bem como a sua ligação a outras unidades curriculares. A realização dos exercícios propostos permite aos alunos, ganhar a necessária confiança e destreza para os utilizar correctamente nas mais variadas situações.*

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

*The syllabus follows the internationally adopted criteria in similar curricular units taught in engineering courses. Theoretical classes are always accompanied by several examples, the analysis of which promotes discussion during classes and facilitates the assimilation of the theory, as well as its connection to other curricular units of the course. The resolution of the exercises proposed allows students, to acquire the necessary confidence and dexterity to use them in many diverse situations.*

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

*Aulas teóricas e teórico-práticas. As aulas teóricas seguem o método expositivo, sempre acompanhadas de exemplos práticos, utilizando quadro e projetor. As aulas teórico-práticas compreendem aulas de resolução de problemas e problemas para discutir em grupo.*

*Avaliação: contínua - dois testes e trabalho de grupo para apresentação na aula, todos com nota maior ou igual a 8 e média final maior ou igual a 9,5 valores (testes 80% e trabalho 20%); não contínua - exame final com nota maior ou igual a 10 valores.*

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

*Theoretical and practical classes. Theoretical classes follow the exposition method, always combined with practical examples and with an extensive use of the board and projector. Practical classes are comprised of problem solving and group discussions.*

*Assessment: option 1 - two tests during term and a group paper presentation, all with grade equal to 8 or above and final average of 9,5 (tests 80% and paper 20%); option 2 - final exam with grade 10 or above.*

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

*A apresentação da teoria é complementada com a realização de um número elevado de exercícios o que permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos. A apresentação frequente de exemplos práticos permite uma ligação ao mundo real e também a várias outras unidades curriculares do curso, onde estas matérias são necessárias. A realização de trabalhos de grupo e a sua apresentação em sala de aula vai permitir também uma discussão mais aprofundada dos temas mais interessantes da física de partículas e cosmologia que está a ser investigada neste momento. Deste modo os alunos podem acompanhar a investigação fundamental que se faz no presente. Pretende-se igualmente, deste modo, fomentar a interacção com os alunos e entre alunos aumentando assim o seu grau de motivação.*

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

*Theory is presented and complemented with the resolution of a large number of exercises allowing students to test and consolidate the acquisition of theoretical concepts. The practical real life examples allow the students to connect to the world and also to develop concepts and tools needed in future curricular units of the course. The group presentation in class will allow for a discussion of the most interesting subjects in fundamental physics today, from particles to cosmology. This way the students can follow the research that is being done now at the fundamental level. It will also foster the interaction with students and between students therefore increasing their motivation.*

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

1. Krane, KS, "Modern Physics", John Wiley & Sons, 3rd edition, 2012.
2. Tipler, PA and Llewellyn RA, "Modern Physics", 5th edition, W. H. Freeman and Company, 2008.
3. Halliday, D, Resnick, R and Walker, J, "Fundamental of Physics", John Wiley & Sons, Inc., 2001.
4. Serway, Moses, Moyer; "Modern Physics", 3rd edition, Thomson, 2005.
5. D. J. Griffiths, "Introduction to Quantum Mechanics", Cambridge University Press, 2017.
6. Cheng, TP, "Relativity, Gravitation And Cosmology: A Basic Introduction", Oxford Master Series in Physics, 2010.

#### **Mapa IV - Gestão e Avaliação de Projetos**

##### **4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Gestão e Avaliação de Projetos*

##### **4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Project Management and Evaluation*

##### **4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*OUT*

##### **4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

##### **4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

##### **4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T - 67,5*

##### **4.4.1.6. ECTS:**

*6*

##### **4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

##### **4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Cristina Inês Camus, 72,5*

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

*<sem resposta>*

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

1. *Apreender algumas noções básicas de análise financeira.*
2. *Apreender os principais indicadores económicos utilizados em avaliação de projetos.*
3. *Selecionar os investimentos mais viáveis para diferentes condições.*
4. *Saber elaborar a avaliação de um projeto com diferentes tipos de financiamento.*
5. *Saber calcular o risco de um projeto de investimento.*
6. *Saber gerir projectos, defenindo e controlando as suas variáveis críticas, tais como tempo e custo.*

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

1. *Learning the basics of financial analysis.*
2. *Knowing the main economic indicators that are used in project evaluation.*
3. *Selecting the most viable investments in different conditions.*
4. *Knowing how to evaluate projects with different types of financing.*
5. *Knowing how to compute the risk of a project.*
6. *Knowing how to manage projects, defining and controlling their critical variables, such as time and cost.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Elementos necessários à avaliação financeira do projeto.*
2. *CrITÉrios de avaliação de projetos.*
3. *Seleção de projetos de investimento.*
4. *O financiamento do projeto.*
5. *Análise do risco.*
6. *Implementação e gestão de projectos. Planeamento e programação do Projeto. Planeamento do tempo e recursos – redes PERT/CPM e mapas de Gantt.*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Necessary elements for project evaluation.*
2. *Project evaluation criteria.*
3. *Project selection.*
4. *Project financing.*
5. *Risk analysis.*
6. *Implementation and management of projects. Project planning and programming. Time and resource planning - PERT / CPM networks and Gantt maps.*

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

*Para a avaliação económica de projetos no âmbito da engenharia começa-se por transmitir umas noções básicas de cálculo financeiro definindo os elementos básicos necessários à avaliação de um projeto de investimento (1), os critérios mais usados na avaliação financeira (2), e na seleção dos projetos (3), as formas de financiamento (4) e por fim uma introdução ao risco e incerteza (5). Os exemplos usados são pequenos e na sua maioria ligados à engenharia. Para a gestão dos projectos (6), ensinam-se as principais ferramentas para gerir as variáveis críticas (tempo e custo) bem como o seu impacto na implementação dentro do tempo e orçamento estabelecidos procurando sempre exemplos ligados à engenharia.*

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

*For the economic evaluation of projects within the engineering one starts by transmitting some basics of financial calculation defining the basic elements necessary for the evaluation of an investment project (1), the criteria commonly used in the financial evaluation (2), and selection of projects (3), forms of financing (4) and finally an introduction to risk and uncertainty (5). The examples used are small and mostly related to engineering. For project management (6), the main tools for managing critical variables (time and cost) as well as their impact on implementation within time and budget are taught, always looking for examples related to engineering.*

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

*Ensino teórico-prático, onde são apresentados os conceitos teóricos acompanhados de exemplos/exercícios concretos de aplicação.*

*A avaliação de conhecimentos compreende duas componentes, uma teórica e outra prática. A componente teórica é constituída por 2 testes (nota mínima de 8 valores cada, com média mínima dos dois testes de 9,5 valores) realizados durante o período letivo ou por um exame (nota mínima de 9,5 valores), com ponderação de 70% na nota final. A componente prática é constituída por um trabalho, a realizar maioritariamente durante as aulas, contribuindo com 40% da nota final.*

*A nota final do aluno, NF, será obtida através da fórmula:  $NF=0,7 NT+0,3 NP$ , onde NT representa a nota da componente teórica e NP a nota da componente prática. Para obter aprovação na U.C. o aluno deve obter uma nota mínima de 9,5 valores em NF.*

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

*The knowledge assessment comprises two components, theoretical and practical. The theoretical component consists of 2 written tests (each of which with a minimum grade of 8 and with a minimum of 9.5 in their average), carried out during the school term, or a final exam (minimum score 9.5 values), worth 70% of the final grade. The practical component consists of a work (minimum grade of 9.5 values), to be carried out mostly during classes, worth 30% of the final grade.*

*The final grade, NF, is thus given by:  $NF=0.6 NT+0.4 NP$ , where NT represents the theoretical component's*

*grade and NP the practical component's grade. To be approved, the student must obtain a minimum score of 10 in NF.*

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

*Nas aulas teórico-práticas são expostos os conteúdos programáticos e pretende-se com a elaboração de cada teste ou exame aferir da interiorização dos principais conceitos. O trabalho consistirá num caso prático onde os alunos terão de realizar uma avaliação económica de um projecto com análise de risco e planeamento da sua implementação.*

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

*In the theoretical-practical classes are exposed the programmatic contents and it is intended with the elaboration of each test or exam to verify the internalization of the main concepts. The work will consist of a practical case where students will have to carry out an economic evaluation of a project with risk analysis and planning of its implementation.*

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

- 1. Isabel Soares, "Decisões de Investimento – Análise Financeira de Projetos", Sílabo, 2008.*
- 2. Project Management: The managerial process, 5th Edition – Larson and Gray - McGraw – Hill.*
- 3. Cristina Camus, Folhas de apoio aos alunos na plataforma Moodle.*

**Mapa IV - Oficinas de Engenharia Física 4**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Oficinas de Engenharia Física 4*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Engineering Physics Workshops 4*

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

*ENG FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP - 12; PL - 33*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Tiago Charters de Azevedo, 45*

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

*<sem resposta>*

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

*Esta UC fornece uma introdução à fabricação aditiva distribuída usando impressão 3D de código aberto (RepRap) e fornecerá uma visão geral do software e hardware de código aberto utilizado e do seu*

*desenvolvimento tecnológico, teórico e prático. Detalhará o design, uso e manutenção da eletrónica e mecânica de código aberto por detrás do desenvolvimento das máquinas de prototipagem rápida e auto-replicas. Será abordada a evolução tecnológica da impressão 3D de código aberto com foco no desenvolvimento, na inovação, na melhoria de desempenho e na seleção de materiais. Cobrirá hardware, firmware, slicer e software do controlador da impressora para operação e manutenção. Finalmente serão discutidas, as propriedades, aplicações e ramificações da tecnologia RepRap.*

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

*This course provides an introduction to distributed additive manufacturing using RepRap 3D open source printing and will provide an overview of open source software and hardware and its theoretical and practical technological development. It will detail the design, use and maintenance of open source electronics behind the development of rapid self-replicating prototyping machines. Focus will be given on the technological evolution of 3D open source printing, development, innovation, performance improvement and material selection. It will cover hardware, firmware, slicer software, and the printer driver software to operate and maintain the device. Finally, properties, applications and ramifications of the RepRap technology will be discussed.*

#### **4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. self-REplicating RAPid prototyping machine (RepRap)
2. Software: CAD, ferramentas CAM, slicer, g-code, firmware
3. Electrónica: controlador, motores passo-a-passo, base aquecida
4. Mecânica: graus de liberdade e eixos, belts e varas roscadas
5. Extrusão: cabeça de impressão, filamentos, materiais
6. Modelação 3D com o OpenSCAD e design paramétrico
7. Aplicações de fabricação digital distribuídas e sua contextualização usando impressão 3D
8. Projecto final: da modelação digital à impressão 3D

#### **4.4.5. Syllabus:**

1. self-REplicating RAPid prototyping machine (RepRap)
2. Software: CAD, CAM tools, slicer, g-code, firmware
3. Electronics: controller, stepper motors, heated bed
4. Mechanics: degrees of freedom and axes, belts and threaded rods
5. Extrusion: print head, filaments, materials
6. 3D modeling with OpenSCAD and parametric design
7. Distributed digital manufacturing applications and their contextualization using 3D printing
8. Final project: from digital modeling to 3D printing

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

*Os conteúdos programáticos apresentados vão de encontro ao principal objetivo da unidade curricular que é a o estudo das impressoras RepRap e a fabricação digital por processos aditivos. No ponto 1 do programa abordar-se-á o conceito do máquinas auto-replicas e de prototipagem rápida que permitirá uma contextualização e motivação teórica para os pontos seguintes dos conteúdos programáticos. Os pontos 2. a 6. permitirão o estudo e calibração de impressoras 3D potenciando a autonomia na fabricação e manutenção de todo o processo. Nos pontos 6. e 7. permitirão a modelação digital 3D e a fabricação por processos aditivos permitindo o fecho de uma formação completa desde a construção e manutenção da impressora, modelação digital de um objecto físico e sua fabricação.*

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

*The given syllabus is in line with the main objective of the curricular unit, which is the study of RepRap printers and digital distributed manufacturing by additive processes. Section 1 of the program will address the concept of self-replicating machines and rapid prototyping that will allow a contextualization and theoretical motivation for the following points of the programmatic contents. Points 2 to 6 will allow the study and calibration of 3D printers, enhancing autonomy in the manufacture and maintenance of the entire process. In points 6. and 7. will allow the 3D digital modeling and manufacturing by additive processes allowing the closing of a complete formation from the construction and maintenance of the printer, digital modeling of a physical object and its manufacture.*

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

*As aulas decorrerão em forma de seminários intensivos e em grupo. É esperado que os alunos leiam o material de apoio antes de cada aula e que participem activamente nas discussões. A maior parte do tempo de aula será gasto em projectos num formato de aula invertido. Cada grupo de estudantes será responsável por construir uma impressora RepRap que usará para completar os seus projectos. Serão também responsáveis por fazer pequenas apresentações abertas para toda a turma dos projectos completados durante o semestre.*

*Avaliação: projetos: 80% + prova escrita 20%*

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

*This course will be run as an intense seminar meeting as a group. Students will be expected to read the course material before class and actively participate in discussions. The majority of class time will be spent on projects in a flipped class format. Each student will be responsible for building a RepRap 3D printer to use to complete the projects. Students will be responsible for giving short presentations on their projects on each sub-topic in front of the class at the end of the semester.*

*Grade: projects 80% + written test 20%*

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

*A maior parte do tempo de aula será gasto em projetos num formato de aula invertida. Os alunos aprenderão os fundamentos da manufatura aditiva (MA) e da impressão 3D com polímeros, juntamente com os materiais emergentes e arquiteturas complexas. Nomeadamente os alunos serão capazes de:*

- *Aprender os fundamentos do design, do licenciamento e da cultura de hardware livre e de código aberto (FOSH).*
- *Compreender e demonstrar a fabricação, manutenção, solução de problemas e operação de impressoras 3D de prototipagem rápida (RepRap) de auto-replicação.*
- *Entender os princípios operacionais, recursos e limitações da impressão 3D baseada em FDF (fabricação por filamento fundido).*
- *Compreender os princípios de design para a impressão 3D, comparar e contrastar os processos aditivos com a fabricação convencional em termos de taxa de produção, qualidade, custo, impacto ambiental, controle social e flexibilidade.*
- *Obter experiência prática com impressoras RepRap 3D; usos dessas máquinas para fabricar peças exemplo com complexidade crescente, pós-processamento de peças e estudar os resultados obtidos*
- *Familiarizar-se com o work flow completo do MA de software livre, incluindo ferramentas de design computacional, firmware, software, formatos de arquivo, geração de caminhos de ferramenta e caracterização.*
- *Entender como fazer uma nova peça; alterar uma peça existente de uma RepRap para uma aplicação concreta.*
- *Estudar aplicações de manufatura distribuída usando impressão 3D, incluindo produtos de consumo, equipamentos científicos e tecnologia apropriada.*
- *Posicionar a impressão 3D de código aberto no contexto evolutivo da infraestrutura de fabricação distribuída.*

*Como referência principal, será usado o livro ""Open-Source Lab, How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs". Serão atribuídas tarefas de leitura e on-line. Só serão usados softwares com licenças abertas durante as aulas. Para estudo e trabalho serão utilizados os softwares OpenSCAD ou FreeCAD, Cura (Edição LulzBot) e Marlin (firmware). Os alunos devem trazer seu laptop para todas as classes.*

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

*The majority of class time will be spent on projects in a flipped class format. Students will learn the fundamentals of additive manufacturing (AM) and 3D printing with polymers, along with those for emerging materials and complex architectures. In particular all students will be able to:*

- *Learn the fundamentals of free and open source hardware (FOSH) design, licensing, and culture.*
  - *Understand and demonstrate the fabrication, maintenance, trouble shooting and operation of self-replicating rapid prototype (RepRap) 3D printers.*
  - *Understand operating principles, capabilities, and limitations of fused filament fabrication (FFF)-based 3D printing.*
  - *Understand the principles of design for 3D printing and compare and contrast additive processes with conventional manufacturing in terms of rate, quality, cost, environmental impact, social control and flexibility.*
  - *Gain hands-on experience with RepRap 3D printers; use these machines to fabricate example parts of increasing complexity, post-process the parts, and study the results.*
  - *Become familiar with the complete workflow of open source AM, including computational design tools, firmware, software, file formats, toolpath generation, and characterization.*
  - *Understand how to make a new part and alter an existing part for RepRap 3D printing for custom applications.*
  - *Study applications of distributed manufacturing using 3D printing including consumer products, scientific equipment, and appropriate technology.*
  - *Place open source 3D printing in the context of the evolving distributed manufacturing infrastructure.*
- As main reference it will use book "Open-Source Lab, How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs" and it will be assigned reading and online tasks. Only software with open licenses will be used during classes, for study and work will be used OpenSCAD, FreeCAD, Cura (LulzBot Edition) and Marlin (firmware). Students should bring their laptop to all classes.*

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

1. Joshua Pearce, "Open-Source Lab, How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs", (2013) ISBN: 9780124104860, Elsevier
2. Richard Horne, "3d Printing For Dummies", John Wiley & Sons Inc, ISBN: 9781119386315
3. Edward Anthony Sells, "Towards a Self-Manufacturing Rapid Prototyping Machine" (PhD Thesis), Bath University (2009)
4. RepRap: <https://reprap.org/> (18/03/2019)
5. Open Source 3D Printing: [https://en.wikiversity.org/wiki/Open\\_Source\\_3D\\_Printing](https://en.wikiversity.org/wiki/Open_Source_3D_Printing) (18/03/2019)
6. First International Workshop on "Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development" By Directors: E. Canessa, C. Fonda and M. Zennaro (ICTP-SDU) - Video recording and editing: A. Giacomini: <https://itunes.apple.com/us/itunes-u/first-international-workshop/id6888318954>.

#### Mapa IV - Física Estatística Computacional

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Física Estatística Computacional*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Computational Statistical Physics*

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

*FIS*

##### 4.4.1.3. Duração:

*semestre*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*TP - 67,5*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

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

*Pedro Manuel Alves Patrício da Silva, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

1. Saber aplicar os conceitos fundamentais da mecânica clássica a sistemas com um grande número de partículas. Compreender a relação entre as grandezas estatísticas destes sistemas e as grandezas termodinâmicas fundamentais, como a temperatura e a entropia.
2. Compreender as leis e conceitos fundamentais da física estatística, com particular destaque para a distribuição de Boltzmann. Saber aplicar os conceitos da física estatística a problemas de índole geral, como o problema do caixeiro viajante, o movimento dos fluidos, a econo- e socio-física, etc.

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

1. To be able to apply the fundamental concepts of classical mechanics to systems with a large number of particles. To understand the relation between the statistical quantities of these systems and the fundamental thermodynamical concepts, such as temperature and entropy.

*2. To know the fundamental laws and ideas from statistical physics, with particular emphasis to Boltzmann distribution. To be able to apply these notions to problems of general nature, such as the traveling salesman problem, the motion of fluids, econo- and socio-physics, etc.*

#### **4.4.5. Conteúdos programáticos:**

##### *1. Física Estatística do Equilíbrio*

- *Relação entre a termodinâmica e a estatística*
- *Temperatura e entropia*
- *Distribuição de Boltzmann e distribuição de Maxwell*
- *Transições de fase, pontos críticos, classes de universalidade*
- *Modelo de Ising. Método de Metropolis*
- *Aplicações: métodos de minimização para problemas com múltiplos mínimos*

##### *2. Física Estatística Fora do equilíbrio*

*Sistemas perto do equilíbrio. Sistemas em movimento*

- *Equação de Boltzmann e de Lattice Boltzmann, dinâmica de fluidos computacional*
- *Movimento Browniano, Equação de Langevin, eventos raros*

*Sistemas longe do equilíbrio. Sistemas dissipativos e activos*

- *Lei de Pareto e criticalidade auto-organizada*
- *Redes complexas. Mundos pequenos*
- *Modelos de propagação e de evolução*
- *Aplicações: Econofísica e Sociofísica*

#### **4.4.5. Syllabus:**

##### *1. Statistical Physics of Equilibrium*

- *Relationship between thermodynamics and statistics*
- *Temperature and Entropy*
- *Boltzmann distribution and Maxwell distribution*
- *Phase transitions, critical points, universality classes*
- *Ising model. Method of Metropolis*
- *Applications: Methods of minimization for problems with multiple minima*

##### *2. Statistical Physics Out of Equilibrium*

*Systems close to equilibrium. Systems in motion*

- *Boltzmann and Lattice Boltzmann Equation, Computational Fluid Dynamics*
- *Brownian Motion, Langevin Equation, rare Events*

*Systems far from equilibrium. Dissipative and Active systems*

- *Pareto's law and self-organized criticality*
- *Complex networks. Small world networks*
- *Models of propagation and evolution*
- *Applications: Econophysics and Sociophysics*

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

*Os vários pontos ou capítulos dos conteúdos programáticos correspondem aos conceitos fundamentais a adquirir referidos nos objetivos da unidade curricular.*

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

*The chapters of the syllabus correspond to the fundamental concepts referred in the objectives of the curricular unit.*

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

*Leccionação de aulas teóricas e aulas teórico-práticas. Durante as aulas teórico-práticas serão propostos alguns problemas numéricos para resolver através da implementação dum código em java, matlab, c++, fortran, ou outra ferramenta de programação. Os alunos devem utilizar estas aulas para iniciar os seus códigos, e tirar dúvidas sobre a correcta implementação dos algoritmos numéricos necessários para resolver os problemas propostos.*

*A avaliação de conhecimentos é realizada a partir da elaboração de dois trabalhos numéricos, um mais simples e imediato, outro ligeiramente mais elaborado, e ainda de um exame final escrito, abrangendo toda a matéria, com a duração de 2,5 horas, em qualquer das duas épocas de exame previstas no calendário escolar. Cada um dos trabalhos numéricos valerá 25% da nota final, enquanto que o exame final valerá os restantes 50%.*

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

*Lectures and practical sessions. During the practical sessions, it will be proposed some numerical problems to solve by implementing a code in java, matlab, c ++, fortran, or another programming tool. Students should use these sessions to initiate their codes, and ask questions about the correct implementation of the necessary numerical algorithms to solve the proposed problems.*

*The assessment is carried out from two numerical works, a simpler and more immediate, another one slightly more elaborate, and a final written exam, covering the whole program, lasting 2.5 hours, in any one of the two examination periods in the school calendar. Each numerical work corresponds to 25% of the final grade, while the final exam corresponds to the remaining 50%*

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

*Os exames medem a aquisição dos conceitos fundamentais dados na unidade curricular. Os trabalhos numéricos permitem a aquisição prática destes conceitos fundamentais.*

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

*The exams measure the acquisition of the fundamental concepts given in the curricular unit. The numerical projects allow the practical acquisition of these fundamental concepts.*

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

1. *Patrício, P., slides da unidade curricular de "Física Estatística Computacional", disponibilizados no Moodle.*
2. *Teixeira, P.I.C. e Casquilho, J.P., "Introdução à Física Estatística", IST Press, 2011.*
3. *Ball, P., "Massa Crítica. O modo como uma coisa conduz a outra", Gradiva, 2009.*
4. *Thijssen, J., "Computational Physics", Cambridge University Press, 2007.*
5. *Succi, S., "The Lattice Boltzmann Equation for Fluid Dynamics and Beyond", Oxford University Press, 2001.*

**Mapa IV - Óptica e Lasers**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Óptica e Lasers*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Optics and Lasers*

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

*ENG FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T - 45; TP - 16,5; PL - 6*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Vitor Manuel Barbas de Oliveira, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

*O principal objetivo desta unidade curricular é a aquisição de conceitos fundamentais no domínio da óptica e lasers. Espera-se que o aluno desenvolva a capacidade de aplicação desses conceitos na resolução de problemas no âmbito da Engenharia. Pretende-se que os princípios físicos aqui abordados sejam adquiridos não só de forma abstrata, mas também de forma prática, recorrendo a experiências laboratoriais e permitindo ao aluno desenvolver a capacidade de escrever relatórios com um correcto tratamento de dados experimentais.*

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

*The main objective of this course is the acquisition of fundamental concepts in the field of optics and lasers. The student is expected to develop the ability to apply such concepts in the resolution of problems in the field of Engineering. It is intended that the physical principles addressed here be acquired not only in an abstract way, but also in a practical way through laboratorial experimental work, allowing the student to develop the ability to write reports with a correct treatment of experimental data.*

#### **4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Óptica geométrica: Postulados da óptica geométrica. Sistemas ópticos e formação de imagem. Óptica de gradiente de índice. Métodos matriciais da óptica paraxial.*
- 2. Óptica ondulatória: Postulados da óptica ondulatória. Ondas eletromagnéticas monocromáticas. Polarização. Interferência. Interferómetro de Mach-Zehnder e de Michelson. Princípio de Huygens. Difração de Fraunhofer e de Fresnel. Limites de resolução em aparelhos ópticos. Lei de Bragg.*
- 3. Óptica de fotões: Propriedades do fotão. Feixes de fotões. Fotões e átomos. Níveis de energia na matéria. Interação luz-matéria.*
- 4. Lasers: Emissão estimulada. Amplificação e bombeamento laser. Inversão de população. Cavidades ressonantes e modos próprios. Tipos de lasers. Propriedades da luz laser. Características da geração laser. Lasers pulsados e lasers ultra-rápidos. Aplicações.*

#### **4.4.5. Syllabus:**

- 1. Ray optics: Postulates of ray optics. Simple optical components and image formation. Graded-index optics. Matrix and paraxial optics.*
- 2. Wave optics: Postulates of wave optics. Monochromatic electromagnetic waves. Polarization. Interference. Mach-Zehnder and Michelson interferometer. Huygens' principle. Fraunhofer diffraction. Fresnel diffraction. Resolution of optical systems. Bragg's Law.*
- 3. Photon optics: Properties of Photons. Photon Streams. Photons and Atoms. Energy levels. Interactions of photons with matter.*
- 4. Lasers: Stimulated Emission. Amplification and laser pumping. Population inversion. Resonant cavities and standing modes. Types of lasers. Properties of laser light. Laser generation. Pulsed lasers and ultra-fast lasers. Applications.*

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

*O programa segue os critérios utilizados internacionalmente em unidades curriculares semelhantes. As aulas teóricas são sempre acompanhadas por vários exemplos cuja análise promove a discussão em sala de aula e a mais fácil assimilação da teoria bem como a sua ligação a outras unidades curriculares da LEFA. A realização dos exercícios propostos nas séries de problemas permite aos alunos, individualmente ou em grupo, aplicar os conceitos teóricos a uma larga variedade de situações práticas e, assim, ganharem a necessária confiança e destreza para os utilizar corretamente nas mais variadas situações.*

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

*The program follows the criteria used internationally in similar courses. The theoretical classes are always accompanied by several examples whose analysis promotes the discussion in the classroom and the easiest assimilation of the theory as well as its connection to other curricular units of the LEFA. The exercises proposed in the problem series allows students, individually or in groups, to apply the theoretical concepts to a wide variety of practical situations and thus gain the necessary confidence and dexterity to use them correctly in the most varied situations.*

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

*Metodologias de ensino: Lecionação de aulas teóricas e aulas teórico-práticas. As aulas teórico-práticas compreendem aulas de resolução de problemas e aulas de laboratório de frequência obrigatória (4 aulas). São ainda leccionadas 1 ou 2 aulas de revisão, antes dos testes. Avaliação: Dois testes, em avaliação contínua, ou exame final (Teo), e componente prática de laboratório com a realização de 4 aulas laboratoriais (Lab). A nota de cada um dos trabalhos de laboratório (ou testes) deverá ser maior ou igual a 8,0 valores, e a média maior ou igual a 9,5 valores. Nota final: 70% Teo + 30% Lab.*

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

*Teaching method: Lectures and practical sessions. The practical sessions include the resolutions of problems and laboratory experiments (4 sessions). The laboratory sessions are mandatory. There are also 1 or 2 sessions for revisions before partial exams.*

*Assessment: Two partial exams during the semester, or a final exam (Theory), and a practical component, which consists of four laboratory experiments and their respective reports (Lab). The grade of each laboratory work (or tests) should be greater than or equal to 8.0 values, and the average greater or equal to 9.5 values. Final grade: 70% Theory + 30% Lab.*

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

*A resolução dos testes ou exames permite aferir a aquisição dos conhecimentos. A realização dos laboratórios permite que o aluno adquira os conhecimentos numa forma prática, e não abstrata, tal como referido nos objetivos da unidade curricular.*

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

*The exams and tests measure the acquisition of the fundamental concepts. The experiments allow the practical acquisition of these fundamental concepts, as referred in the objectives of the curricular unit.*

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

1. B. Saleh e M. Teich, "Fundamentals of Photonics", Wiley, 1991.
2. E. Hecht, "Óptica", Fundação Calouste Gulbekian, 1998.
3. O. Svelto, "Principles of lasers", Springer, 2010.

**Mapa IV - Física Médica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física Médica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Medical Physics*

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

*FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T - 45; TP - 16,5; PL - 6*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Pedro Miguel Martins Ferreira, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

*Introdução à física nuclear e das radiações como aplicações em técnicas de diagnóstico e terapia. Aplicar conceitos adquiridos em cursos prévios de física em contextos de medicina. Compreensão dos princípios fundamentais de funcionamento de técnicas médicas como: raios-X; radioterapia; tomografia por emissão de positrões (PET); radiodiagnóstico por técnicas de contraste; terapia por feixes de prótons, feixes alfa e bísturi-gama; ressonância magnética nuclear; ecografias; aplicações de lasers na medicina.*

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

*Introduction to nuclear and radiation physics and their applications in diagnosis and therapy techniques. Apply concepts acquired in previous physics course in medical contexts. Comprehension of fundamental working principles of medical techniques such as: X-rays; radiotherapy; positron emission tomography; radiodiagnosis using contrast techniques; proton, alpha and gamma beam therapies; nuclear magnetic resonance; ecographies; laser applications in medicine.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Constituição da matéria: Isótopos. Massa nuclear e energia de ligação nuclear.*

*Radioactividade: lei do declínio radioactivo. Emissão alfa, beta e gama. Espectros e balanço energético.*

*Radioactividade natural.*

*Interação entre radiação e matéria: efeitos das radiações ao atravessarem a matéria. Detecção de radiações. Dosimetria. Reacções nucleares e balanço energético. Produção de radioisótopos em reactores. Radiações: raios-X em contexto médico. Radioterapia. Exames clínicos com radiação. Tomografia por emissão de positrões.*

*Ecografias: Propagação de ultrassons em meios materiais. Reflexão, atenuação e desvios de Doppler de ultrassons no corpo humano. Ecografias e ecocardiogramas.*

*Ressonância magnética e nuclear: magnetismo nuclear. Interação de núcleos com campos magnéticos intensos. Análise de scans RMN por análise de Fourier.*

*LASERS: princípios básicos de funcionamento. Tipos de laser em contexto clínico. Lasers em oftalmologia, dermatologia, odontologia e oncologia.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Constitution of matter: isotopes. Nuclear mass and bonding energy.*

*Radioactivity: radioactive decay law. Alpha, beta and gamma emissions. Spectra and energetic balance.*

*Natural radioactivity.*

*Interaction between matter and radiation: radiation effects in matter. Radiation detection. Dosimetry. Nuclear reactions and energetic budget. Radioisotope production in reactors.*

*Radiations: X-rays in medicine. Radiotherapy. Clinical exams with radiation. Positron emission tomography.*

*Echographies: ultrasound propagation in matter. Reflexion, dampening and Doppler shifts on the human body. Echographies and echocardiograms.*

*Nuclear magnetic resonance: nuclear magnetism. Interaction of nuclei with intense magnetic fields.*

*Analysis of NMR scans via Fourier decomposition.*

*LASERS: basic principles of laser function. Types of laser used in medicine. Lasers in ophthalmology, dermatology, odontology and oncology.*

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

*O programa segue os critérios utilizados internacionalmente em unidades curriculares semelhantes inseridas em cursos de engenharia. As aulas teóricas são sempre acompanhadas por vários exemplos cuja análise promove a discussão em sala de aula e a mais fácil assimilação da teoria bem como a sua ligação a outras unidades curriculares. A realização dos exercícios propostos nas séries de problemas (mais de 200) permite aos alunos, individualmente ou em grupo, aplicar os conceitos teóricos a uma larga variedade de situações práticas e, assim, ganharem a necessária confiança e destreza para os utilizar correctamente nas mais variadas situações. É deste modo inculcado nos alunos que o cálculo é um ingrediente essencial da física e que a capacidade de obter resultados numéricos que podem ser verificados pela observação experimental é a base do enorme sucesso das ciências e tecnologias modernas.*

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

*The syllabus follows the criteria used internationally in similar courses in engineering degrees. Lectures always include several practical examples which promote classroom discussion and easier assimilation of the theory as well as its connection to other courses. The exercises proposed in the problem sets (more than 200) allow students, individually or in group, to apply the theoretical concepts to a wide variety of practical situations and thus gain the necessary confidence and skills to use them correctly in many different contexts. This is to impart to students that calculation is an essential ingredient of physics and the ability to obtain numerical results that can be checked by experimental observation underpins the huge success of modern sciences and technologies.*

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

*As aulas teóricas seguem o método expositivo, sempre acompanhadas de exemplos práticos e usando extensamente o quadro. As aulas teórico-práticas são utilizadas para esclarecer dúvidas sobre os exercícios propostos nas séries de problemas e que se esperam tenham sido previamente trabalhados pelos alunos. O moodle conterá amplo material de estudo e “links” externos para material de estudo complementar. Prevêem-se ainda visitas a laboratórios de Física Nuclear para aplicação experimental de conceitos ensinados.*

*Para obter aprovação na disciplina, o aluno deverá ter uma nota igual ou superior a dez valores, que pode ser obtida numa das seguintes modalidades:*

- a) Realizando dois testes de avaliação ao longo do semestre lectivo. A nota em cada teste deverá ser igual ou superior a 8 valores. A classificação final será a média das notas nos dois testes. O aluno poderá repetir um dos testes na data do exame de primeira época.*
- b) Realizando um exame final, em primeira ou segunda época.*

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

*The lectures follow the expository method, always accompanied by practical examples and with extensive use of the white board. Problems classes are designed to clarify difficulties encountered when solving the problem sets that are expected to have been previously worked out by the students. The course Moodle pages will contain extensive study material, past exams and external links to complementary study material. There will also be visits to Nuclear Physics laboratories to apply experimentally the concepts learned.*

*To be approved in this discipline, the student must have a grade larger or equal to 10, which may be obtained in one of the following manners:*

- a) By attending two evaluation tests during the school term. The grade in each test ought to be larger or equal to 8. The final classification will be the average of the grades in both tests. The student will be able to repeat one of the tests on the date of the first exam.*
- b) By a final examination, in its first or second dates.*

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

*A realização de um número elevado de exercícios permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos. A exposição frequente de exemplos práticos permite a ligação ao mundo real e às outras unidades curriculares do curso. Pretende-se igualmente, deste modo, fomentar a interacção com os alunos e aumentar o seu grau de motivação.*

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

*Solving a large number of exercises allows students to strengthen their theoretical knowledge through hands-on practice. Real life examples are used to make a connection with the real world and with other courses. The aim is also to enhance student participation and motivation.*

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

- 1. E.B. Podgoršak, Radiation Physics for Medical Physicists, Springer Verlag, 2006.*
- 2. K.S. Krane, Introductory Nuclear Physics, John Wiley & Sons, 1988.*
- 3. B.H Brown, R.H. Smallwood, D.C. Barber, P.V. Lawford e D.R. Hose, Medical Physics and Biomedical Engineering, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 1999.*
- 4. P Davidovits, Physics in Biology and Medicine, Elsevier, 4ª Ed. 2013.*

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

*Circuitos Integrados Fotónicos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Photonic integrated circuits*

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

*ENG FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

162

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

TP - 67,5

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.1.7. Observations:**

&lt;no answer&gt;

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

Manfred Niehus, 67,5

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

&lt;sem resposta&gt;

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

*A unidade curricular “Circuitos integrados fotónicos” engloba a teoria e prática do desenho de componentes fotónicos integrados e respetivos circuitos (photonic integrated circuits, PICs) em sistemas de materiais relevantes na indústria (Si, III-V, SiN, SiO2 e polímeros).*

*Os conhecimentos e competências a adquirir devem permitir ao estudante iniciar uma carreira profissional no desenho fabless de PICs. Na parte teórica a UC providencia os conhecimentos fundamentais para compreender o espaço paramétrico do desenho; na parte prática o treino necessário para implementar os desenhos.*

*Objetivos da aprendizagem são a competência de transformar aplicações em medidas e/ou comunicação e processamento de dados em desenho de máscaras de PICs, incluindo a capacidade de identificar e especificar blocos fotónicos, e simular, desenhar e testar PICs funcionais.*

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

*The course “Photonic integrated circuits (PIC) ” covers the theory and practice of the design of integrated photonic components and circuits (photonic integrated circuits, PICs) in industrially relevant material systems (Si, III-V, SiN, SiO2 and polymers).*

*The knowledge and competences shall allow the student to pursue a professional career towards fabless PIC design. The course will provide both the underlying know-how to enable an understanding of the parametric design space as well as the practical skills to implement designs.*

*Learning outcomes are the competence to transform relevant applications in sensing and data communication and processing into a PIC mask design, including the ability to identify and specify photonic building blocks, and simulate, lay out and test functional PICs.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Na primeira parte são desenvolvidos os fundamentos de guias de onda óticos e análise modal a conhecer o espaço paramétrico da propagação da luz na ótica integrada, incluindo qual a melhor maneira de construir componentes passivos. Blocos ativos são introduzidos pelos princípios de funcionamento e pela implementação prática. Integração monolítica e híbrida é descrita.*

*Na segunda parte a ênfase é nas habilidades práticas. Métodos de desenho e simulação serão desenvolvidos, baseado em ferramentas de nível profissional. Será descrito o estado da arte dos kits de desenho do processo, específico para cada fábrica, assim como simuladores do empenho e a geração dos ficheiros do processo. Fábricas são apresentadas, desde sala limpa até medida e teste; o papel de tolerâncias e testes nos métodos de desenho são discutidos.*

*Na terceira parte os estudantes consolidam os conhecimentos adquiridos, ao simular, desenvolver e implementar um projeto de desenho de PIC.*

**4.4.5. Syllabus:**

*In the first part, optical waveguiding and mode analysis is presented to understand the parameter space of light propagation in integrated optics, including how best to construct passive components. Active*

*building blocks are introduced in terms of physical principles and practical implementation. Monolithic and hybrid integration is described.*

*In the second part, the emphasis turns to practical skills. Layout and simulation methods are developed based on professional level simulation and design tools . Insight will be given into state of the art foundry specific process design kits, on simulators to predict performance and generation of the process file sets. Foundries are presented, from clean room facilities to measurement and test. The role of tolerances and testing on design methods is discussed.*

*In the third part, the student consolidates the acquired knowledge, through simulation, development and implementation a PIC design project.*

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

*Os conteúdos programáticos são alinhados com os objectivos de aprendizagem.*

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

*The syllabus is streamlined with the intended learning outcomes.*

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

*O ensino é teórico-prático, estando previstas 30 aulas durante o semestre a que correspondem 67,5 horas de contacto (15 aulas de 3 horas e 15 de 1,5 horas). O tempo total de trabalho do estudante é de 162 horas. Os resultados da aprendizagem são avaliados individualmente na componente teórica com um exame (com peso de 50% na nota final), e na componente prática através de relatório, apresentação e discussão (com peso de 50% na nota final).*

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

*The teaching is of type theoretical-practical, and 30 classes are foreseen during the semester corresponding to 67.5 hours of contact with the students (15 classes of 3 hours and 15 of 1.5 hours). The total students workload is 162 hours.*

*The learning outcomes are evaluated individually, in the theoretical component with an exam (weighting 50% to the final mark), and in the practical component with report, presentation and discussion (weighting another 50% in the final mark).*

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

*Nas sessões teóricas são apresentados e lecionados os conteúdos programáticos e feitos alguns exercícios complementares sobre cada um dos assuntos. Nas sessões práticas os alunos implementam os trabalhos de complexidade crescente, estruturada e hierárquica. Esta metodologia permite ao aluno realizar os trabalhos práticos propostos na unidade curricular.*

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

*In the theory sessions the thematic topics are presented and lectured and some complementary exercises are realized for each topic. In the practical sessions the students implement the works with an increasing complexity, in a structured and hierarquic way. This methodology allows the student to realize the work as proposed in this curricular unit.*

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

1. Ginés Ligante, "Integrated Photonics: Fundamentals" , Ed. Wiley (2003)
2. Lukas Chrostowski and Michael Hochberg, "Silicon Photonics Design: From Devices to Systems", Ed. Cambridge University Press (2015)

**Mapa IV - Introdução ao Projeto**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Introdução ao Projeto*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Introduction to Project*

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

*ENG FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP - 22,5; S - 9 OT - 15*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*António Jorge Silvestre, 46,5*

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

*<sem resposta>*

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

- 1. Proporcionar aos alunos o contacto com individualidades que desenvolvem a sua atividade profissional com forte relação com a área da Engenharia Física, contemplando docentes, investigadores e empreendedores.*
- 2. Desenvolver e aplicar a capacidade crítica e de pesquisa autónoma com vista à seleção do tema/área de trabalho a desenvolver na UC de Projeto, no semestre seguinte, onde serão dados a conhecer os fundamentos do método científico, as ferramentas informáticas de pesquisa bibliográfica e os fundamentos da comunicação científica escrita e oral. Neste processo serão dados a interiorizar os códigos de ética e de conduta em investigação científica.*
- 3. Elaborar, com rigor, um relatório escrito sobre a proposta de trabalho a desenvolver, identificando as diversas etapas e objectivos a atingir e os recursos necessários.*

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

- 1. To provide students with the contact with individuals who develop their professional activity with a strong relationship with the area of Physical Engineering, including teachers, researchers and entrepreneurs.*
- 2. To develop and apply the critical and autonomous research capacity in order to select the theme / area of work to be developed in the Project UC, in the following semester, where the fundamentals of the scientific method, the informatics tools for bibliographic search and the fundamentals of written and oral scientific communication. In this process will be given to internalize the codes of ethics and conduct in scientific research.*
- 3. To elaborate, with rigor, a written report on the work proposal to be developed, identifying the various stages and objectives to be achieved and the necessary resources.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. O método científico. Publicação dos resultados. Replicação dos resultados por pares.*
- 2. A importância da atualização bibliográfica no contexto da investigação científica. Revistas científicas. O open access hoje. Bases de dados de referência: ISI Web of Science/Clarivate Analytics, Scopus, B-on.*
- 3. Comunicação científica escrita. Clareza e precisão da linguagem. Erros comuns. Estrutura típica de um artigo científico. Avaliação por pares. Outros tipos de textos científicos.*
- 4. Comunicação científica oral. Constrangimentos de uma apresentação científica oral. Organização de uma apresentação. Preparação do discurso. Estratégias de comunicação e erros a evitar. A importância do comportamento não verbal. A necessidade de ensaiar.*
- 5. Investigação e ética. Códigos de ética em investigação científica. O erro na investigação científica. Negligência. Falsificação de dados. Plágio. Conflitos de interesse e de compromisso. Conduta questionável em investigação. É ético? Casos de estudo.*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *The scientific method. Publication of results. Replication of results by pairs.*
2. *The importance of the bibliographic update in the context of scientific research. Scientific journals. Open access today. Reference databases: ISI Web of Science / Clarivate Analytics, Scopus, B-on.*
3. *Written scientific communication. Clarity and accuracy of language. Common mistakes. Typical structure of a scientific article. Peer evaluation. Other types of scientific texts.*
4. *Oral scientific communication. Constraints of an oral scientific presentation. Organization of a presentation. Preparation of speech. Communication strategies and mistakes to avoid. The importance of non-verbal behavior. The need to rehearse.*
5. *Research and ethics. Codes of ethics in scientific research. The error in scientific research. Negligence. Falsification of data. Plagiarism. Conflicts of interest and commitment. Questionable conduct in investigation. Is it ethical? Study cases.*

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

*O objetivo 1 é concretizados através da assistência aos seminários, e posterior discussão e contacto com os diversos oradores, e eventuais visitas a instituições/empresas com eles relacionadas. Os objectivos 2 e 3 são concretizados através das abordagens e aprendizagens adquiridas nas aulas presenciais. O programa segue os critérios utilizados internacionalmente em unidades curriculares semelhantes inseridas em cursos de natureza científica. As aulas teóricas são sempre acompanhadas por vários exemplos e/ou casos de estudo cuja análise promove a discussão em sala de aula e a mais fácil assimilação dos conceitos estudados.*

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

*Objective 1 is accomplished through attendance at the seminars, and subsequent discussion and contact with the various speakers, and possible visits to related institutions / companies. Objectives 2 and 3 are concretized through the approaches and learning acquired in face-to-face lessons. The program follows the criteria used internationally in similar curricular units inserted in courses of scientific nature. Theoretical classes are always accompanied by several examples and / or case studies whose analysis promotes discussion in the classroom and the easiest assimilation of the concepts studied.*

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

*As aulas teóricas seguem o método expositivo, sempre acompanhadas de exemplos e/ou casos de estudo. As aulas teórico-práticas são utilizadas para esclarecer dúvidas sobre os temas propostos e que se esperam tenham sido previamente trabalhados pelos alunos. Acompanhamento individual em regime tutorial, para orientação na escolha do tema a desenvolver posteriormente na UC de Projeto e na preparação do relatório final.*

**Avaliação:**

*A avaliação terá em conta os seguintes elementos:*

- *um relatório final (RF) em formato de artigo (máx. 20 páginas);*
- *uma apresentação oral (AO) individual (máx. 15 min.) seguida de discussão do relatório escrito.*

*A classificação final da unidade curricular resultará da seguinte ponderação desses dois elementos:  $NF=0,5RF+0,5AO$ .*

*Para obter aprovação na unidade curricular o aluno deverá assistir a mais de 70% dos seminários, e obter uma nota mínima de 9,5 valores em cada um dos elementos RF e AO e na NF.*

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

*Theoretical classes follow the expository method, always accompanied by examples and/or case studies. The theoretical-practical classes are used to clarify doubts about the proposed topics and that are expected to have been previously worked on by the students. Individual follow-up on a tutorial basis, for guidance in choosing the topic to be developed later in the Project Unit and in the preparation of the final report.*

**Evaluation:**

*The evaluation will take into account the following elements:*

- *a final report (RF) in an article format (max 20 pages);*
- *an individual oral presentation (AO) (max 15 min.) followed by discussion of the written report.*

*The final classification of the curricular unit will result from the following weighting of these two elements:  $NF = 0,5RF + 0,5AO$ .*

*To obtain approval in the course unit the student should attend more than 70% of the seminars, and obtain a minimum grade of 9.5 values in each of the RF and AO elements and in NF..*

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

*O acompanhamento dos alunos pelo(s) orientador(es), conjugado com o método de avaliação baseado nas duas componentes indicadas (RF e AO), assegurará o cumprimento dos objetivos de aprendizagem (1,2 e 3).*

*A realização dos seminários com regularidade quinzenal e das respectivas abordagens com discussão irão ocupar um mínimo de 6 semanas, sendo conjugada com a assistência e orientação tutorial semanal. O relatório final é um documento escrito e apresentado individualmente pelo aluno sobre o tema escolhido e a desenvolver posteriormente na UC de Projeto. A apresentação deste relatório final na forma de um artigo permitirá aos alunos desenvolverem a capacidade de realizar uma pesquisa bibliográfica atualizada sobre o tema a desenvolver e simultaneamente colocar em prática as técnicas de escrita científica estudadas.*

*Complementarmente ao trabalho escrito, a apresentação oral do trabalho permitirá ao aluno desenvolver as técnicas de comunicação oral, ganhando consciência da importância da preparação adequada dos slides, de ter um comportamento não verbal correto e do controlo da duração da exposição.*

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

*The follow-up of the students by the supervisor (s), combined with the evaluation method based on the two components indicated (RF and AO), will ensure the fulfillment of the learning objectives (1,2 and 3).*

*The seminars with biweekly regularity and the respective approaches with discussion will occupy a minimum of 6 weeks, being conjugated with the assistance and weekly tutorial orientation.*

*The final report is a written document presented individually by the student on the chosen topic and later developed in the Project UC. The presentation of this final report in the form of an article will allow the students to develop the capacity to carry out an updated bibliographic search on the subject to be developed and simultaneously put into practice the scientific writing techniques studied.*

*In addition to the written work, the oral presentation of the work will allow the student to develop oral communication techniques, becoming aware of the importance of proper preparation of slides, of having a correct nonverbal behavior and of controlling the duration of exposure.*

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

1. Carey, S.S., "A Beginner's Guide to Scientific Method", 4th edition, Wadsworth, 2011.

2. Day, R.A., "How to Write and Publish a Scientific Paper", Cambridge University Press, 1989.

3. Booth, W.C., Colomb, G.G., and Williams, J.M., "The Craft of Research", The University of Chicago Press, 1995.

4. Alley, M., "The Craft of Scientific Writing", 3rd edition, Springer-Verlag, 1996.

5. Yang, J.T., "An Outline of Scientific Writing", World Scientific, 2008.

6. Reinhart, S.M., "Giving Academic Presentations", The University of Michigan Press, 2005.

7. Oliveira, L.A., "Ética em investigação científica. Guia de boas práticas com casos de estudo", Lidel, 2013.

*Em função do tema escolhido para o projeto final, bibliografia complementar será definida individualmente pelo(s) orientador(es).*

### Mapa IV - Introdução à Física da Terra e do Espaço

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Introdução à Física da Terra e do Espaço*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Introduction to the Physics of the Earth and Space*

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

*FIS*

#### 4.4.1.3. Duração:

*semestre*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T - 45; TP - 22,5*

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.1.7. Observations:**

&lt;no answer&gt;

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Mário Augusto de Andrade Moreira, 45***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Maria da Graça Medeiros da Silveira, 22,5***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Introduzir conceitos e conhecimentos fundamentais sobre a física do universo, planetas e terra no que respeita à sua evolução e estado dinâmico actual.**Durante a UC, pretende-se que os alunos adquiram competências para visualizar e compreender de forma integrada o Universo, e a formação e diferenciação dos planetas. Será dado um maior ênfase aos aspectos físicos e dinâmicos relacionados com a formação estrutura e evolução da Terra.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To introduce the fundamental concepts and knowledge about the physics of the universe, planets and earth, in what concerns their evolution and current dynamic state.**During the UC, the students will acquire the necessary knowledge to view and understand in an integrated way the Universe, and the formation and differentiation of the planets. Higher emphasis will be given to the physical and dynamical aspects related to the formation, structure and evolution of the Earth.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1 – Formação do Universo e elementos químicos constituintes da Terra**2 – Estrutura e formação do sistema solar**3 – Caracterização dos minerais e rochas constituintes da Terra**4 – Forma e morfologia da Terra – fundamentos de geodesia e isostasia**5 – Estrutura interna da Terra – sismicidade global**6 – Tectónica de placas – paleomagnetismo e dinâmica da litosfera oceânica**7 – Geofísica experimental – Instrumentação e métodos***4.4.5. Syllabus:***1 - Formation of the Universe and the chemical constituents of Earth**2 - Structure and formation of the solar system**3 - Characterization of the minerals and rocks forming the Earth**4 - Form and morphology of the Earth - fundamentals of geodesy and isostasy**5 - Internal structure of the Earth – global seismology**6 - Plate tectonics - Introduction to paleomagnetism and dynamics of the oceanic lithosphere**7 - Experimental geophysics – Instruments and methods***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Os conteúdos programáticos são alinhados com os objectivos de aprendizagem.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***The syllabus is streamlined with the intended learning outcomes.***4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***O ensino é teórico, estando previstas 45 aulas durante o semestre a que correspondem 67,5 horas de contacto (45 aulas de 1,5 horas). O tempo total de trabalho do estudante é de 162 horas. O ensino consiste em 3 aulas de ensino teórico (tipo T) de 1,5 horas, perfazendo 4,5 horas semanais onde o docente leciona os conteúdos programáticos**Os resultados da aprendizagem são avaliados na componente teórica individualmente com um exame.*

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

*The teaching is of type theoretical and 45 classes are foreseen during the semester corresponding to 67.5 hours of contact with the students (45 classes of 1.5 hours). The total student workload is 162 hours. The teaching consists of theory teaching class (type T) of 4.5 hours per week where the lecturer presents the thematic topics.*

*The learning outcomes are evaluated in the theoretical component individually with a Final Exam.*

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

*Nas sessões teóricas de 4,5 horas semanais são apresentados e lecionados os conteúdos programáticos e feitos alguns exercícios complementares sobre cada um dos assuntos.*

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

*In the weekly 4.5 hours theory sessions the thematic topics are presented and lectured and some complementary exercises are realized for each topic.*

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

- 1. Gerd Pröls, Michael Keith Bird, Physics of the Earth's Space Environment, Cambridge University Press, 2010*
- 2. C. M. R. Fowler, The Solid Earth - An Introduction to Global Geophysics, Cambridge University Press, 2004*
- 3. Don L. Anderson, New Theory of the Earth, Cambridge University Press, 2007*
- 4. Stacey F. and Davis P., Physics of the Earth, Cambridge University Press, 2008.*

**Mapa IV - Física da Energia****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física da Energia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Physics of Energy*

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

*FIS*

**4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T - 45; TP - 16,5; PL - 6*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*José Maria Cantista de Castro Tavares, 67,5*

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

*<sem resposta>*

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

1. *Compreender os princípios da Física que regem as diferentes formas de produção, distribuição e utilização da energia.*
2. *Desenvolver a capacidade de analisar quantitativamente as diversas formas de produção e de uso da energia.*
3. *Realizar comparações quantitativas entre sistemas que utilizam diferentes formas de produzir e/ou transformar energia.*

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

1. *Understand the physical principles that rule the different forms of energy production, distribution and use.*
2. *Develop the ability to analyse quantitatively the different forms of energy production and use.*
3. *Make quantitative comparisons between systems that use different forms of energy production and/or transformation.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Energia e sociedade: energia e potência; unidades; análise quantitativa da utilização global da energia.*
2. *Energia em edifícios: condução e transferência de calor; aquecimento e arrefecimento eficientes; ar condicionado e bomba de calor; frigoríficos; iluminação.*
3. *Geração de energia eléctrica por combustíveis fósseis: geradores eléctricos; os ciclos de Carnot, Rankine e Brayton; o ciclo combinado.*
4. *Energia Nuclear: reacções nucleares; reatores nucleares; fusão nuclear.*
5. *Distribuição da energia eléctrica: perdas; correspondência procura-oferta; redes inteligentes.*
6. *Geração de energia eléctrica por fontes renováveis: solar térmica; solar fotovoltaica; vento; intermitência e integração na rede eléctrica; hidroeléctrica; marés; geotérmica; armazenamento.*
7. *Energia em transportes: terrestre - ciclos de Otto e Diesel; aéreo - propulsores, turbojatos e turbofans; marítimo.*
8. *Energia na produção de materiais: minerais, vidros e plásticos; agricultura e pecuária; biocombustíveis.*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Energy and Society: energy and power; systems of units; quantitative analysis of the global use of energy.*
2. *Energy in buildings: conduction and heat transfer; efficient heating and cooling; air conditioning and heat pumps; refrigerators; lighting.*
3. *Generation of electric power by fossil fuels: electric generators; Carnot, Rankine and Brayton cycles; the combined cycle.*
4. *Nuclear Energy: nuclear reactions; nuclear reactors; nuclear fusion.*
5. *Distribution of electric energy: losses by transmission; matching of demand and supply; smart grids.*
6. *Generation of electricity by renewable sources: solar thermal; solar photovoltaic; wind; intermittency and integration into the grid; hydroelectric; tides; geothermal; energy storage.*
7. *Energy in transportation: ground transportation; Otto and Diesel cycles; Air transportation; propellers, turbojets and turbofans; shipping.*
8. *Energy in the production of materials: minerals, glass and plastics; agriculture and livestock; biofuels.*

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

*O programa segue os temas utilizados internacionalmente em unidades curriculares semelhantes. As aulas teóricas têm sempre como ponto de partida sistemas energéticos comuns sobre os quais se demonstra a utilização das leis básicas da Física na sua compreensão quantitativa. A realização dos exercícios propostos nas séries de problemas permite aos alunos, individualmente ou em grupo, aplicar os conceitos a uma larga variedade de situações práticas e, assim, ganharem a necessária confiança e destreza para os utilizar em variadas situações relacionadas. A realização de uma monografia desenvolverá a capacidade de análise de um problema real concreto.*

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

*The syllabus follows the subjects used internationally in similar curricular units. The theoretical sessions always have as a starting point a real energy system: the use of the basic laws of Physics demonstrates its quantitative understanding. The exercises of the practical sessions allow students, individually or in groups, to apply the theoretical concepts to a wide variety of practical situations and thus gain the necessary confidence and dexterity to use them in various situations. The realization of a monograph will develop the ability to analyze a real problem.*

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

*Metodologias de Ensino: Leccionação de aulas teóricas e aulas teórico-práticas. Seminários. As aulas teóricas seguem o método expositivo, sempre acompanhadas de exemplos práticos e usando*

*extensamente o quadro. As aulas teórico-práticas compreendem aulas de resolução de problemas. As aulas de problemas são utilizadas para esclarecer dúvidas sobre os exercícios propostos nas séries de problemas. Os seminários permitem o contacto com especialistas em alguns dos tópicos dos conteúdos programáticos.*

*Avaliação: Dois testes, em avaliação contínua, ou exame final. Monografia. A nota de cada um dos itens deverá ser maior ou igual a 8,0 valores, e a média maior ou igual a 9,5 valores.*

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

*Teaching Method: Lectures and problem solving sessions (15 sessions, approximately). Seminars with specialists (4 sessions).*

*Assessment: Two partial exams during the semester, or a final exam, and a monograph. The grade of each partial exam and of the monograph must be larger or equal to 8,0/20. The mean of the grades of partial exams (or the grade of the final exam) and of the grade of the monograph should be larger or equal to 9,5.*

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

*A realização de um número elevado de exercícios permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos. A exposição frequente de exemplos práticos (tanto nas aulas como nos seminários) permite a ligação ao mundo real e às outras unidades curriculares do curso. Pretende-se igualmente, deste modo, fomentar a interação com os alunos (e entre os alunos) e aumentar o seu grau de motivação.*

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

*The resolution of a large number of exercises allows students to test and consolidate the acquisition of theoretical concepts. The practical examples (in practical sessions and in seminars) allow the students to connect to the real world and to other curricular units of the course. It will also foster the interaction with students and increase their motivation.*

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

1. Rez, P., "The simple Physics of energy use", Oxford University Press, 2017.
2. Jaffe, R. and Taylor, W., "The Physics of Energy", Cambridge University Press, 2018.
3. MacKay, D., "Sustainable Energy – without the hot air", UIT Cambridge Ltd, 2009.

### **Mapa IV - Acústica e Controlo de Ruído**

#### **4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Acústica e Controlo de Ruído*

#### **4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Acoustics and Noise Control*

#### **4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*ENG FIS*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*semestre*

#### **4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

#### **4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T -39; TP - 15; PL - 9; S - 4,5*

#### **4.4.1.6. ECTS:**

*6*

#### **4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

#### **4.4.1.7. Observations:**

<no answer>

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

*Carlos César Correia Rodrigues, 67,5*

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

<sem resposta>

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

*Fornecer os conhecimentos teórico-práticos necessários à compreensão da fenomenologia inerente à geração e à propagação de ondas sonoras, bem como à definição de metodologias de avaliação acústica que, em conformidade com a normalização e a legislação aplicável, permitam adequadamente estabelecer as eventuais medidas de minimização e de monitorização a implementar nos correspondentes projectos de seguimento e de controlo de ruído.*

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

*Provide theoretical and practical knowledge for the proper understanding of sound waves generation and propagation phenomena, as well as for the definition of the acoustic assessment methodologies which, in accordance with the applicable legislation and standardization, may adequately establish the mitigation and the monitoring measures to be implement in the related follow-up and noise control projects.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1 – *Conceitos fundamentais em acústica*
- 1.1 – *Geração e propagação de ondas sonoras*
- 1.2 – *Níveis sonoros e aritmética logarítmica*
- 1.3 – *Análise em frequência*
- 1.4 – *Análise no tempo*
- 1.5 – *Efeitos do ruído no Ser Humano*
- 1.6 – *Electroacústica*
- 1.7 – *Sistemas vibráteis*
- 2 – *Acústica aplicada*
- 2.1 – *Regulamentação aplicável*
- 2.2 – *Instrumentação de medição, análise e previsão*
- 2.3 – *Ensaio acústicos*
- 2.4 – *Acústica ocupacional*
- 2.5 – *Acústica ambiental*
- 2.6 – *Acústica de edifícios*
- 2.7 – *Acústica submarina*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1 – *Fundamentals of acoustics*
- 1.1 – *Sound waves generation and propagation*
- 1.2 – *Sound levels and logarithmic arithmetic*
- 1.3 – *Frequency analysis*
- 1.4 – *Time analysis*
- 1.5 – *Human noise effects*
- 1.6 – *Electroacoustics*
- 1.7 – *Vibrating systems*
- 2 – *Applied acoustics*
- 2.1 – *Regulation*
- 2.2 – *Instrumentation*
- 2.3 – *Acoustic measurements and evaluation*
- 2.4 – *Occupational acoustics*
- 2.5 – *Environmental acoustics*
- 2.6 – *Building acoustics*
- 2.7 – *Underwater acoustics*

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

*O programa está estruturado de acordo com as exigências nacionais e internacionais em acústica e controlo de ruído. Os conteúdos programáticos permitem uma aprendizagem progressiva, desde a geração de ondas sonoras até às consequências inerentes à respectiva propagação e recepção, seja em termos do Ser Humano, ambiente ou estruturas. A introdução dos conceitos de base, em conjunto com a explanação de casos reais, permite a resolução de problemas acústicos típicos em conformidade com a*

*regulamentação nacional e internacional aplicável. As aulas laboratoriais permitem o manuseamento da mais avançada instrumentação.*

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

*The syllabus is structured according to the national and international demands in acoustics and noise control. The contents allow progressive learning, beginning in the generation of sound waves and ending in the study of the consequences inherent to its propagation and reception, either in terms of Humans, environment or structures. The introduction of the basic concepts, together with the explanation of real cases, allow the resolution of typical acoustic problems in accordance with the applicable national and international regulation. The laboratory classes allow the handling of the most advanced instrumentation.*

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

*Metodologias de Ensino:*

*As aulas teóricas e teórico-práticas seguem uma metodologia expositiva e dialogada, com discussão dos conceitos e das resoluções dos problemas reais apresentados. As aulas de laboratório, de frequência obrigatória, permitem a recolha dos dados necessários para a elaboração de adequados projectos de seguimento e controlo de ruído.*

*Avaliação:*

*2 Testes - nota mínima de 8 valores; aprovação com média igual ou superior a 10 valores, ou*

*Exame Final - aprovação com nota igual ou superior a 10 valores*

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

*Teaching Methodologies:*

*The theoretical classes and the theoretical-practical classes follow a dialogue expository methodology, with discussion of the concepts and of the resolutions of the real problems presented. Laboratory classes, of compulsory attendance, allow the collection of data necessary to elaborate the proper follow-up and noise control projects.*

*Assessment:*

*2 Tests - minimum grade of 8 values; approval with average grade equal or greater than 10 values, or*

*Final Exam - approval with grade equal or greater than 10 values*

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

*A apresentação de soluções de engenharia acústica, em conformidade com os requisitos nacionais e internacionais aplicáveis, baseadas nos conceitos teóricos ministrados, permite a aquisição dos conhecimentos necessários à imediata integração num mercado de trabalho em expansão, como é o da medição, controlo e monitorização de ruído.*

*Os seminários, ministrados por reconhecidos engenheiros especialistas em acústica, abordam assuntos actuais que, ao suscitarem o debate, permitem o esclarecimento de eventuais dúvidas que possam subsistir.*

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

*The presentation of acoustic engineering solutions, in accordance with the applicable national and international requirements, based on the taught theoretical concepts, allow the acquisition of the necessary knowledge for the immediate integration on a work expanding market, such as noise measurement, control and monitoring.*

*The seminars, given by recognized acoustic experts engineers, address current issues that, by raising the debate, allow the clarification of any doubts that may persist.*

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

1. A. D. Pierce, "Acoustics. An Introduction to its Physical Principles and Applications", McGraw-Hill, 1981
2. B. J. Smith, R. J. Peters, S. Owen, "Acoustics and Noise Control", Longman, 1982
3. H. J. Pain, "The Physics of Vibrations and Waves", John Wiley and Sons, 1998
4. L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppens, J. V. Sanders, "Fundamentals of Acoustics", John Wiley and Sons, 1999
5. F. A. Everest, "The Master Handbook of Acoustics", TAB Books, 2000
6. M. J. Crocker, "Handbook of Noise and Vibration Control", John Wiley and Sons, 2007
7. S. S. Rao, "Mechanical Vibrations", Addison-Wesley, 2011
8. J. P. Silva, "Vibrações e Ondas", IST Press, 2012
9. Regulamentação nacional e internacional aplicável/ National and international regulation.

**Mapa IV - Projeto****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Projeto***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Project***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***ENG FIS***4.4.1.3. Duração:***semestre***4.4.1.4. Horas de trabalho:***486***4.4.1.5. Horas de contacto:***OT - 45***4.4.1.6. ECTS:***18***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Pedro Manuel Alves Patrício da Silva, 45***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- 1. Desenvolver um trabalho individual em ambiente profissional ou de projeto final de licenciatura, de forma autónoma e criativa.*
- 2. Ter a capacidade de integrar métodos experimentais, computacionais e teóricos, adquiridos ao longo do curso.*
- 3. Articular as competências adquiridas ao longo do ciclo de estudos com os novos conhecimentos necessários e essenciais ao desenvolvimento do trabalho individual.*
- 4. Identificar e planificar a(s) tarefa(s) a completar em cada uma das etapas da realização do Projeto.*
- 5. Elaborar, com rigor, um relatório escrito sobre o trabalho desenvolvido.*
- 6. Apresentar e discutir publicamente, com clareza e precisão, o relatório elaborado.*

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

- 1. To develop an individual work in professional environment or a final project degree, in an autonomous and creative form.*
- 2. To be able to integrate experimental, computational and theoretical methods, acquired during the course.*
- 3. To articulate the acquired competences throughout the cycle of studies with the new knowledge necessary and essential to the individual work development.*
- 4. Identify and plan the task(s) to be completed in each stage of the Project.*
- 5. Prepare, with rigor, a written report on the work developed.*
- 6. Present and publicly discuss, with clarity and precision, the report prepared.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:***Problemas/temas na área da Engenharia Física Aplicada, aprovados anualmente pela Comissão Coordenadora do Curso.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Problems / themes in the area of Applied Physical Engineering, approved annually by the Coordinating Committee of the Course.*

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

*Todos os objetivos indicados (1 a 6) são concretizados através da realização de um projeto científico de alto nível no âmbito da Engenharia Física Aplicada.*

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

*All the objectives indicated (1 to 6) are fulfilled through the realization of a high level scientific project in the field of Applied Physical Engineering.*

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

*Acompanhamento individual ao longo das diferentes etapas da realização do projeto, em regime tutorial. A avaliação terá em conta dois elementos: (1) relatório final do projeto (RF) e (2) apresentação e discussão pública do relatório final (AF).*

*A classificação final da unidade curricular resultará da seguinte ponderação desses dois elementos:  $NF = 0,7RF + 0,3AF$ .*

*Para obter aprovação na unidade curricular o aluno deverá obter uma nota mínima de 9,5 valores no elemento RF e na classificação final.*

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

*Individual monitoring throughout the different stages of the project, under a tutorial regime.*

*The evaluation will take into account two elements: (1) final report of the project (RF) and (2) presentation and public discussion of the final report.*

*The final classification of the curricular unit will result from the following weighting of these two elements:  $NF = 0,7RF + 0,3AF$ .*

*To obtain approval in the course unit the student must obtain a minimum grade of 9.5 values in the RF element and in the final classification.*

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

*O acompanhamento dos alunos pelo(s) orientador(es) permitir-lhes-á atingir os objetivos de aprendizagem 1, 2, 3 e 4. O método de avaliação baseado nas duas componentes indicadas (relatório final e apresentação e discussão pública) assegura o cumprimento dos objetivos de aprendizagem 4, 5 e 6.*

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

*The monitoring of the students by the supervisor(s) will allow them to reach the learning objectives 1, 2, 3 and 4. The evaluation method based on the two indicated components (final report and presentation and public discussion) ensures the achievement of learning objectives 4, 5 and 6.*

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

*A bibliografia será definida individualmente pelo(s) orientador(es) em função do tema escolhido para o projeto final.*

**4.5. Metodologias de ensino e aprendizagem****4.5.1. Adequação das metodologias de ensino e aprendizagem aos objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) definidos para o ciclo de estudos:**

*A LEFA assenta numa base de UCs laboratoriais de Instrumentação e Electrónica, Aquisição (por arduino, raspberry PI ou outra plataforma semelhante), Controlo (robótica e protocolo de comunicação digital) e Fabricação (impressão 3D), a que chamámos "Oficinas de Engenharia Física", dadas em cada um dos primeiros 4 semestres. Complementarmente, os alunos adquirem as Ferramentas Computacionais, de Modelação Geométrica (CAD) e de Gestão de Projecto necessárias ao desenvolvimento de produtos. No último semestre, os conhecimentos laboratoriais adquiridos serão integrados num trabalho prático de fundo, que permita incentivar a criatividade dos alunos.*

*A aprendizagem prática será fortalecida com conhecimentos fundamentais em Física Clássica, Ciências de Engenharia e ainda noções introdutórias de Física Moderna e Física da Terra e do Espaço. Este conhecimento transversal permitirá aos estudantes aplicar, projectar e desenvolver novas soluções em Engenharia.*

**4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:**

*LEFA is underpinned by a set of core laboratory courses on Instrumentation and Electronics, Data Acquisition (using Arduino, Raspberry PI or other similar platforms), Control (robotics and digital communication protocols) and Fabrication (3D printing), collectively known as “Physical Engineering Workshops”. These are taught early in the programme and complemented with courses on Computational Tools, Tools for Geometrical Modelling (CAD) and Project Management, which are essential for product design.. In the last semester, all the lab knowledge acquired will form the basis of a project aimed at stimulating student creativity.*

*Besides acquiring practical skills, students will master the foundations of classical physics and engineering sciences, as well as basic notions of modern physics, and Earth and space physics. This broad knowledge base will enable them to design and develop novel engineering solutions.*

**4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:**

*O Decreto-Lei nº 42/2005, de 22 de Fevereiro, estabelece os princípios reguladores e os instrumentos para a criação do espaço europeu do ensino superior, incluindo o Sistema Europeu de Transferência de Créditos (ECTS) das unidades curriculares. Com base no estipulado no artigo 12º deste decreto, o ISEL aprovou em fevereiro de 2006, no órgão legal e estatutariamente competente, o Regulamento de ECTS do ISEL. Este regulamento define como tempo de trabalho anual dos alunos 1620 horas a realizar em 40 semanas, sendo que a cada semestre (30 ECTS) corresponde a 810 horas de trabalho, distribuídas por 20 semanas. 1 ECTS corresponde a 27h de trabalho do estudante. A medida da carga de trabalho por unidade curricular é definida em função de 3 variáveis: horas de contacto, horas de trabalho individual e horas de testes, de exames e de discussões de trabalhos.*

*Regulamento de ECTS do ISEL, disponível em:*

*[http://www.isel.pt/plnst/OrgaosdeGoverno/ConselhoTecnicoCientifico/Arquivo/ECTS\\_ISEL.pdf](http://www.isel.pt/plnst/OrgaosdeGoverno/ConselhoTecnicoCientifico/Arquivo/ECTS_ISEL.pdf)*

**4.5.2. Means to verify that the required students’ average workload corresponds the estimated in ECTS.:**

*Decree-Law no. 42/2005 of 22 February establishes the regulatory principles and instruments for the creation of the European Higher Education Area, which includes the European Credit Transfer System (ECTS). Based on the stipulated in article 12 of this decree-law, ISEL approved in February 2006, in the legally and statutorily competent body, the ISEL ECTS Rules. These Rules defines 1620 hours as the students’ annual work time realized in 40 weeks, each semester (30 ECTS) corresponding to 810 working hours, distributed over 20 weeks. 1 ECTS corresponds to 27 hours of student work time. The measure of the workload per course is defined as a function of contact hours, individual working hours and hours of tests, exams and work discussions.*

*ECTS Rules of ISEL, available in:*

*[http://www.isel.pt/plnst/OrgaosdeGoverno/ConselhoTecnicoCientifico/Arquivo/ECTS\\_ISEL.pdf](http://www.isel.pt/plnst/OrgaosdeGoverno/ConselhoTecnicoCientifico/Arquivo/ECTS_ISEL.pdf)*

**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:**

*O método de avaliação de cada unidade curricular encontra-se disponibilizado no site do ISEL e é explicado na primeira aula de cada unidade curricular.*

*A conciliação entre a avaliação da aprendizagem dos alunos e os objetivos das unidades curriculares é assegurada pela supervisão da Coordenação de Curso. A resposta dos alunos a inquéritos sobre o funcionamento de cada unidade curricular e a análise dos dados recolhidos possibilitará a sua verificação e a implementação de melhorias, caso se justifique.*

**4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:**

*The assessment methodologies are available on ISEL website and are explained in the first class of each curricular unit.*

*The adequation between the assessment methodologies and the objectives of the curricular units is ensured by the supervision of the Course Coordination. The analysis of students inquiries will allow its verification and improvement, if needed.*

**4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):**

*As UCs de Oficinas de Engenharia Física 1-4 visam incentivar a criatividade dos alunos na implementação de dispositivos tecnológicos em laboratório.*

*A UC de Introdução ao Projecto visa por um lado proporcionar aos alunos o contacto com individualidades que desenvolvem a sua atividade profissional com forte relação com a área da Engenharia Física, contemplando docentes, investigadores e empreendedores e, por outro lado, desenvolver e aplicar a capacidade crítica e de pesquisa autónoma com vista à seleção do tema/área de trabalho a desenvolver na UC de Projeto, no semestre seguinte. Serão ainda dados a conhecer os fundamentos do método científico,*

*as ferramentas informáticas de pesquisa bibliográfica e os fundamentos da comunicação científica escrita e oral.*

#### **4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):**

*The UCs of Physical Engineering Workshops 1-4 aim to encourage students' creativity in the implementation of technological devices in the laboratory.*

*The Introduction to Project UC aims to provide students with contact with individuals who develop their professional activity with a strong relationship with the field of Physical Engineering, including teachers, researchers and entrepreneurs and, on the other hand, to develop and apply the critical and autonomous research capacity in order to select the theme / area of work to be developed in the Project UC, in the following semester. The fundamentals of the scientific method, the computer tools of bibliographic research and the fundamentals of written and oral scientific communication will also be taught and discussed.*

## **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:**

*O n.º 1, do art. 9.º, do Decreto-Lei 74/2006 de 24 de Março, alterado pelo Decreto-Lei 115/2013 de 7 de Agosto, regulamenta os ciclos de estudos conducentes à obtenção do grau académico de Licenciado. Assim, de acordo com o disposto no citado Decreto-Lei, o número total de créditos necessário para a conclusão de um 1º Ciclo de Estudos situa-se entre o 180 e os 240 ECTS, com uma duração de até 4 anos letivos. Na proposta apresentada optou-se pelos 180 ECTS a realizar em 3 anos o que corresponde à prática corrente em cursos similares do espaço nacional e europeu. Esta opção tem em vista assegurar aos estudantes portugueses condições de mobilidade, de formação e de integração profissional semelhantes, em duração e conteúdo, às dos restantes Estados que integram este espaço.*

### **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:**

*Point n. 1 of article 9 of Decree-Law 74/2006 of March 24, altered by Decree-Law 115/2013 of August 7, regulates the cycle of studies leading to obtain the academic degree of Licentiate. Therefore, in accordance with the provisions of this Decree-Law the total number of credits required for the conclusion of a 1st cycle of studies lies between 180 and 240 ECTS, lasting up to 4 academic years. In the proposal it was chosen 180 ECTS to be held in three years which corresponds to the current practice in similar courses of national and European region. This option aims to ensure mobility, training and professional integration conditions for Portuguese students similar to those of other states participating in this region.*

### **4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:**

*O Regulamento de ECTS do ISEL prevê, que os docentes sejam consultados, através de inquéritos, sobre o tempo de estudo necessário à realização da unidade curricular e sobre o tempo de estudo necessário à elaboração de relatórios e trabalhos da unidade curricular (tempo gasto fora das aulas).*

*[Regulamento de ECTS do ISEL, aprovado na Comissão Coordenadora do Conselho Científico, 16 de Fevereiro de 2006, disponível em:*

*[http://www.isel.pt/plnst/OrgaosdeGoverno/ConselhoTecnicoCientifico/Arquivo/ECTS\\_ISEL.pdf](http://www.isel.pt/plnst/OrgaosdeGoverno/ConselhoTecnicoCientifico/Arquivo/ECTS_ISEL.pdf)*

### **4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:**

*ECTS Rules of ISEL provides for teachers to be consulted, through surveys, on the time needed for the course to be completed and on the amount of time needed for the preparation of reports and course work (time spent outside classrooms).*

*[ECTS Rules of ISEL, available in:*

*[http://www.isel.pt/plnst/OrgaosdeGoverno/ConselhoTecnicoCientifico/Arquivo/ECTS\\_ISEL.pdf](http://www.isel.pt/plnst/OrgaosdeGoverno/ConselhoTecnicoCientifico/Arquivo/ECTS_ISEL.pdf)*

## **4.7. Observações**

---

### **4.7. Observações:**

*No quadro 4.2.2 estão indicadas as áreas científicas das unidades curriculares obrigatórias, correspondentes a 168 ECTS. Existem 2 unidades curriculares opcionais (ver Opção 1 e Opção 2 dos quadros 4.3.3, relativos ao 1º e 2º semestre do 3º ano do plano do curso), de 6 ECTS cada, que podem estar associadas a qualquer uma das áreas científicas do curso. Assim, o curso tem um total de 180 ECTS.*

*As unidades curriculares optativas são disponibilizadas pelas áreas departamentais do ISEL em cursos de primeiro ciclo, de física, de matemática ou das várias engenharias ministradas no ISEL, a funcionar no 1º ou 2º semestre (Opção 1 e 2, respectivamente), e escolhidas de acordo com o perfil do aluno, sob orientação da Coordenação de Curso, seguindo os critérios e elencos fixados pelo Conselho Técnico-Científico.*

*Para além das unidades curriculares já em funcionamento noutros cursos do ISEL, a Área Departamental de Física propõe as seguintes novas unidades curriculares (ver ficha associada no mapa IV desta proposta)*

*Para a Opção 1, 1º semestre do 3º ano, 6 ECTS, Horas de Trabalho: 162*  
*- Física Médica, Área Científica: Física, T - 45; TP - 16,5; PL - 6;*  
*- Circuitos Integrados Fotónicos, Área Científica: Engenharia Física, TP - 67,5;*

*Para a Opção 2, 2º semestre do 3º ano, 6 ECTS, Horas de Trabalho: 162*  
*- Física da Energia, Área Científica: Física, T - 45; TP - 16,5; PL - 6;*  
*- Acústica e Controlo de Ruído, Área Científica: Engenharia Física, T - 39; TP - 15; PL - 9; S - 4,5;*

*A Opção Competência Transversal, introduzida no Quadro 4.3.3 relativo ao 1º semestre do 3º ano, foi definida num projecto recente do IPL, à imagem do que tem vindo a acontecer noutras instituições de ensino superior. Pode tratar-se duma unidade curricular complementar de um plano de estudos de outra unidade orgânica do IPL, de voluntariado curricular, de aperfeiçoamento de línguas, etc.*

#### 4.7. Observations:

*Table 4.2.2 lists the scientific areas of the mandatory curricular units, corresponding to 168 ECTS. There are 2 optional curricular units (see Option 1 and Option 2 of tables 4.3.3 for the 1st and 2nd semester of the 3rd year of the Study Plan) of 6 ECTS each, which may be associated with any of the scientific areas of the course. Thus, the course has a total of 180 ECTS.*

*The optional curricular units are offered by ISEL different departments, in physics, mathematics or the various ISEL engineering 1st cycle courses, operating in the 1st or 2nd semester (Option 1 and 2, respectively), and chosen according to the student profile, under the guidance of the Course Coordination Committee, following the criteria set by the Scientific-Technical Council.*

*In addition to the curricular units already in operation in other ISEL courses, the physics department offers the following new curricular units (see associated form on map IV of this proposal)*

*For Option 1, 1st semester of 3rd year, 6 ECTS, Working Hours: 162*  
*- Medical Physics, Scientific Area: Physics, T - 45; TP - 16.5; PL - 6;*  
*- Photonic Integrated Circuits, Scientific Area: Physical Engineering, TP - 67.5;*

*For Option 2, 2nd semester of 3rd year, 6 ECTS, Working Hours: 162*  
*- Physics of Energy, Scientific Area: Physics, T - 45; TP - 16.5; PL - 6;*  
*- Acoustics and Noise Control, Scientific Area: Physical Engineering, T - 39; TP-15; PL - 9; S - 4.5;*

*The Soft Skill Option, introduced in Table 4.3.3 for the 1st semester of the 3rd year, was defined in a recent IPL project, as has been happening in other higher education institutions. This may be a complementary curricular unit of a study plan of another organic unit of the IPL, curricular volunteering, language improvement, etc.*

## 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.

*Pedro Manuel Alves Patrício da Silva (Coordenador), António Jorge Duarte de Castro Silvestre, Catarina Almeida da Rosa Leal, Paulo Ivo Cortez Teixeira, Ricardo González Felipe*

### 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

	<b>Categoria / Category</b>	<b>Grau / Degree</b>	<b>Especialista / Specialist</b>	<b>Área científica / Scientific Area</b>	<b>Regime de tempo / Employment regime</b>	<b>Informação/ Information</b>
António Carlos dos Santos Paixão	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
António Filipe Ruas da Trindade Maçarico	Professor Adjunto ou equivalente	Licenciado	Título de especialista (DL 206/2009)	Engenharia Física e Ciência dos Materiais	100	Ficha submetida
António Jorge Duarte de Castro Silvestre	Professor Coordenador ou equivalente	Doutor		Física – Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
António Manuel Carreiras Casaca	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Física – Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
Carlos César Correia Rodrigues	Equiparado a Professor Adjunto ou equivalente	Licenciado	Título de especialista (DL 206/2009)	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	50	Ficha submetida
Catarina Marques Mendes Almeida da Rosa Leal	Professor Coordenador ou equivalente	Doutor		Ciência dos Materiais	100	Ficha submetida
Cristina Inês Camus	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Energia	100	Ficha submetida
José Leonel Linhares da Rocha	Professor Coordenador ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
José Maria Cantista de Castro Tavares	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Laura Cristina Teixeira Iglésias Charters de Azevedo	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Manfred Niehus	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Maria da Graça Medeiros da Silveira	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Física – especialidade Geofísica	100	Ficha submetida
Maria Paula Alves Robalo	Professor Coordenador ou equivalente	Doutor		Química/Química Inorgânica	100	Ficha submetida
Mário Augusto de Andrade Moreira	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Paulo Ivo Cortez Teixeira	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Física – Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
Pedro Manuel Alves Patrício da Silva	Professor Coordenador ou equivalente	Doutor		Física - Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
Pedro Manuel Fernandes Carvalho da Silva	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Física – Ciências da Terra	100	Ficha submetida
Pedro Miguel Martins Ferreira	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Ricardo Jorge González Felipe	Professor Coordenador ou equivalente	Doutor		Física – Física das Altas Energias	100	Ficha submetida
Sandra Maria da Silva Figueiredo Aleixo	Professor Coordenador ou equivalente	Doutor		Estatística e Investigação Operacional	100	Ficha submetida
Tiago Charters de Azevedo	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Física-Matemática	100	Ficha submetida
Vitor Manuel Barbas de Oliveira	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Física – Engenharia de Materiais	100	Ficha submetida
Pedro Lúcio Maia Marques de Almeida	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor		Ciência e Engenharia dos Materiais	100	Ficha submetida
		Doutor		Engenharia Mecânica - Projeto Mecânico	100	Ficha submetida

João Manuel Candeias Travassos	Professor Coordenador ou equivalente					
Rui Alberto Serra Ribeiro dos Santos	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor	Física das Altas Energias	100		Ficha submetida
Filipe Santiago Cal	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor	Matemática	100		Ficha submetida
Nuno Miguel Cortez Afonso Dias	Professor Adjunto ou equivalente	Doutor	Física – Geofísica Interna	100		Ficha submetida
				<b>2650</b>		

<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.

27

###### 5.4.1.2. Número total de ETI.

26.5

##### 5.4.2. Corpo docente próprio - Docentes do ciclo de estudos em tempo integral

###### 5.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos em tempo integral.\* / "Full time teaching staff" – number of teaching staff with a full time link to the institution.\*

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº / No.	Percentagem / Percentage
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution:	26	98.11320754717

##### 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):	25	94.339622641509

##### 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	17	64.150943396226
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well	1.5	5.6603773584906

recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme

#### 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	26	98.11320754717	26.5
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year	0	0	26.5

#### Pergunta 5.5. e 5.6.

##### 5.5. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

*A avaliação do desempenho do pessoal docente do IPL rege-se pelo regulamento descrito em:*  
 - Despacho n.º 15508/2010: [http://www.ipl.pt/sites/default/files/ficheiros/despacho\\_15508\\_2010.pdf](http://www.ipl.pt/sites/default/files/ficheiros/despacho_15508_2010.pdf)  
 - Despacho n.º 10380/2011: [http://www.ipl.pt/sites/default/files/ficheiros/despacho\\_10380\\_2011\\_0.pdf](http://www.ipl.pt/sites/default/files/ficheiros/despacho_10380_2011_0.pdf)  
 O regulamento estabelece ainda as regras para alteração do posicionamento remuneratório dos docentes de acordo com o ECPDESP.  
 A sua operacionalização é feita através do preenchimento continuado, durante o período de avaliação trianual, de uma base de dados em que se avalia com uma métrica própria não só o desempenho pedagógico, mas também o desempenho científico e o desempenho em funções de gestão académica. Em dezembro de 2017 terminou o período de avaliação, compreendido no ciclo avaliativo de 2015-2017, sendo a avaliação de desempenho dos docentes aprovada em reunião de plenário do Conselho Técnico-Científico de 26 de abril de 2018.

##### 5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

*The IPL teaching staff performance evaluation is governed by the regulation described in*  
 - Order No. 15508/2010: [http://www.ipl.pt/sites/default/files/ficheiros/despacho\\_15508\\_2010.pdf](http://www.ipl.pt/sites/default/files/ficheiros/despacho_15508_2010.pdf)  
 - Order No. 10380/2011: [http://www.ipl.pt/sites/default/files/ficheiros/despacho\\_10380\\_2011\\_0.pdf](http://www.ipl.pt/sites/default/files/ficheiros/despacho_10380_2011_0.pdf)  
 The Regulation also sets the rules for changing the salary position of teachers according to the ECPDESP. Its operation is done through the continued fulfillment during the triannual evaluation period, a database that assesses with its own metric not only the educational performance, but also its continuous updating through the number and type of publications, obtaining degrees, participation in projects with scientific merit, professional development courses and more.  
 In December 2017 ended the trial period, understood in the evaluation cycle from 2015 to 2017, and the performance evaluation of teachers approved in plenary meeting of the Scientific-Technical Council of April 26, 2018.

##### 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. 1 Assistente Técnica no Secretariado da Área Departamental de Física (em tempo integral) e 2 Técnicos Superiores para Apoio ao Laboratório (1 em tempo integral e 1 a 50%).

**6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.**

*1 Technical Assistant / Secretary at the Physics Department (full time) and 2 Senior Technicians for Laboratory support (1 full time and 1 at 50%)..*

**6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.**

*Secretária - Ensino Secundário/12º Ano de Escolaridade e  
2 Técnicos de Laboratório - Mestrado*

**6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.**

*Secretary - High School/12th grade  
Laboratory Technicians - Master degree*

**6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.**

*A avaliação do desempenho do pessoal não docente do ISEL estabelece-se pelo sistema de Avaliação SIADAP (por pontos) - sistema integrado de avaliação de desempenho da administração pública que se rege pela Lei n.º 66-B/2007, de 28 de Dezembro.*

*Todos os trabalhadores do ISEL regem-se pelo novo Regulamento Interno que estabelece as regras e organização do Tempo de Trabalho e que entrou em vigor a 01 de Fevereiro 2019. Foi publicado no Diário da República N.º 6- 2ª Série de nove de Janeiro através do Despacho n.º 466/2019.*

**6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development**

*ISEL's non-teaching staff performance evaluation is established by the SIADAP Evaluation system - an integrated public administration performance evaluation system governed by Law No. 66-B / 2007 of 28 December.*

*All ISEL workers are governed by the new Internal Regulation that establishes the rules and organization of Working Time and that came into force on 01 February 2019. It was published in the "Diário da República" No. 6- 2nd Series of January 9 through Order No. 466/2019.*

**7. Instalações e equipamentos****7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):**

*Auditório (5, partilhados pelos utentes do ISEL) 711 m2;  
Salas de Aulas (total partilhadas pelos vários cursos do ISEL) 833 m2;  
Salas de Estudo (7);  
Salas de Gabinetes ADF (9);  
Salas de Reuniões ADF (2) 30 m2;  
Biblioteca partilhada pelos utentes do ISEL, 707 m2;  
Laboratório de Informática;  
Laboratórios de Física 1 - Mecânica, 150 m2;  
Laboratórios de Física 2 - Termodinâmica, 150 m2;  
Laboratórios de Física 3 - Electromagnetismo, 100 m2;  
Laboratório de Hardware II, 100 m2;  
Laboratório de Circuitos Impressos, 50 m2;  
Laboratório de Química, 150 m2;  
Laboratório de Mecânica (CAD), 100 m2;*

**7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):**

*Lecture theatres (5, shared by all ISEL users) 711 m2;  
Classrooms (used by all ISEL educational programmes) 833 m2;  
Group study rooms (7);  
Offices, Physics Department (9);  
Meeting rooms, Physics Department (2) 30 m2;  
ISEL General Library, 707 m2;  
Computer Laboratory;  
Physics Laboratory 1 - Mechanics, 150 m2;  
Physics Laboratory 2 - Thermodynamics, 150 m2;  
Physics Laboratory 3 - Electromagnetism, 100 m2;  
Hardware Laboratory II, 100 m2;  
Printed Circuits Laboratory, 50 m2;*

*Chemistry Laboratory, 150 m2;  
Mechanics Laboratory (CAD), 100 m2;*

## 7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

*Laboratórios de Física, devidamente equipados com cerca de uma centena de kits didáticos e equipamento científico diverso para a realização de experiências e desenvolvimento de pequenos projetos nas áreas da Mecânica, da Termodinâmica, do Eletromagnetismo e Óptica e da Física Moderna.  
Laboratórios de Informática, equipados com PCs e software adequado às UCs previstas.  
Laboratórios de Eletrónica, Hardware e Circuitos Impressos.  
Laboratórios de Química e Mecânica (CAD).*

## 7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

*Physics Laboratories equipped with about 100 teaching kits and sundry items of scientific apparatus for performing experiments and carrying out small projects in mechanics, thermodynamics, electromagnetism, optics, and modern physics.  
Computer Laboratories equipped with PCs running software to support teaching as required.  
Electronics, Hardware and Printed Circuits Laboratories.  
Chemistry and Mechanics Laboratories (CAD).*

## 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
CENIMAT/I3N	Excelente	FCT- UNL	2	
CFTC – Centro de Física Teórica e Computacional	Muito Bom	FC-UL	5	
CFTP - Centro de Física Teórica de Partículas	Muito Bom	IST- UL	1	
Instituto de Telecomunicações	Excelente	IST- UL	1	
Instituto Dom Luiz	Excelente	UL	4	
CeFEMA- Centro de Física e Engenharia de Materiais Avançados	Muito Bom	IST- UL	2	
BioISI – Biosystems and Integrative Sciences Institute	Excelente	ITN- UL	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/39f8eb36-9047-15f5-3ffa-5d80e1416c3f>

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/39f8eb36-9047-15f5-3ffa-5d80e1416c3f>

#### 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.

*No âmbito dos programas de mobilidade de alunos e docentes, existem protocolos com as seguintes instituições nacionais e estrangeiras de ensino superior:*

*Nacionais: Univ. de Lisboa, Univ. Nova de Lisboa, Univ. de Évora, Univ. dos Açores, E.S. de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Inst. Sup. de Ciências da Saúde Egas Moniz, Univ. do Porto, Inst. Sup. de Eng. de Coimbra, Inst. Sup. de Eng. do Porto.*

*Internacionais: Technische Univ. Darmstadt e Hochschule Düsseldorf, Univ. of Applied Sciences (Alemanha), Haute Ecole Léonard de Vinci-ECAM (Bélgica), Bulgarian Academy of Sciences e Univ. of Chemical Technology and Metallurgy (Bulgária), Via Univ. College (Dinamarca), Univ. of Maribor (Eslovénia), Univ. de Salamanca, Univ. de Zaragoza e Univ. Polit. de Madrid (Espanha), Savonia Univ. of Applied Sciences (Finlândia), Univ. D'Artois (França), Inst. of Patras (Grécia), Fontys Univ. of Applied Sciences (Holanda), Univ. degli Studi di Foggia e Univ. of Camerino (Itália), Telemark Univ. (Noruega).*

#### 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.

*Under educational exchange programs for students and teachers, a number of partnerships are established with the following national and international schools:*

*National:*

*- Univ. de Lisboa, Univ. Nova de Lisboa, Univ. de Évora, Univ. dos Açores, E.S. de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Inst. Sup. de Ciências da Saúde Egas Moniz, Univ. do Porto, Inst. Sup. de Eng. de Coimbra, Inst. Sup. de Eng. do Porto.*

*Internationals:*

*Tech. Univ. Darmstadt and Hochschule Düsseldorf, Univ. of Appl. Sciences (Germany), Haute Ecole Léonard de Vinci (Belgium), Bulgarian Academy of Sciences and Univ. of Chemical Tech. and Metallurgy (Bulgary), Via Univ. College (Denmark), Univ. of Maribor (Slovenia), Univ. de Salamanca, Univ. de Zaragoza and Univ. Polit. de Madrid (Spain), Savonia Univ. of Appl. Sciences (Finland), Univ. D'Artois (France), Inst. of Patras (Greece), Fontys Univ. of Appl. Sciences (Netherlands), Univ. degli Studi di Foggia and Univ. of Camerino (Italy), Telemark Univ. (Norway).*

### 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:

*Os cursos no mesmo domínio de conhecimento da Licenciatura em Engenharia Física Aplicada (Licenciaturas em Física e Mestrados Integrados em Engenharia Física e em Engenharia Física Tecnológica) apresentam taxas de desemprego muito baixas. A média nacional da taxa de desemprego na área de formação destes ciclos de estudos situa-se nos 2,0% (dados retirados de infocursos.mec.pt relativos à taxa de desemprego registada no IEFP, em Dezembro de 2017, dos alunos que se diplomaram no curso entre 2013 e 2016). Para os cursos lecionados na área da grande Lisboa esta taxa desce para os 0,6% no caso da licenciatura (LF, FC-UL) e para 0,9% no caso do mestrado integrado (MEFT, IST-UL). Verifica-se assim que esta área apresenta uma elevada capacidade de absorção de profissionais.*

#### 9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:

*Both first- and second-cycle graduates in the general area of Applied Physical Engineering (first cycle degrees in physics and combined first and second cycle degrees in physics and engineering physics) have a below-average nationwide unemployment rate of 7% (data from infocursos.mec.pt for those graduating between 2013 and 2015 who were registered at IEFP in December 2017). In the Greater Lisbon area this drops to 0.6% for first-cycle graduates (LF FC-UL) and 0.9% for combined first-and second-cycle graduates (MEFT, IST-UL).*

*It is thus apparent that Physical Engineering graduates are very attractive to employers.*

#### 9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

*Tratando-se de um novo curso, a capacidade de atração de estudantes será avaliada com base na procura dos cursos na mesma área de conhecimento na zona da grande Lisboa, nomeadamente o curso de Licenciatura em Física (FC-UL) e os Mestrados Integrados em Engenharia Física (FC-UL e FCT-UNL) e em Engenharia Física Tecnológica (IST-UL). Globalmente, estes cursos disponibilizaram no ano letivo de 2018-2019 um total de 165 vagas, as quais foram totalmente preenchidas na 1ª fase de colocações face a um número superior a 1300 candidatos (DGES, CNAES, 2018). A média da nota mínima de entrada nestes cursos em 2018 foi de 165,4. Em 2019, num total de 174 vagas, a média da nota mínima subiu ainda para 171,2.*

*Conclui-se assim que há uma grande procura destes cursos na região de Lisboa, o que permite prever uma captação sustentada de alunos para o curso proposto.*

**9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):**

*Because this is a new degree programme, its attractiveness to students is assessed on the basis of demand for degree programmes in the same field in the Greater Lisbon area, namely the first cycle degree in physics (FC-UL) and the combined first and second cycle degrees in physics and engineering physics (FC-UL, FCT-UNL and IST-UL). Overall 165 first-year places were made available on these courses in 2018-2019, which were all filled in the first round of admissions; there were more than 1300 applicants (data from the DGES, CNAES, 2018). The average of the minimum grade required for admission to these courses in 2018 was 165.4/200.0. In 2019, for 174 first-year places, the average of the minimum grade increased to 171,2.*

*It can thus be concluded that there is substantial demand for these degree programmes in the Lisbon area, and therefore that recruitment for the proposed degree programme would likely be sustainable.*

**9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:**

*O ISEL tem protocolos de cooperação com diversas instituições do Ensino Superior, entre elas a Universidade de Lisboa, a Universidade Nova de Lisboa, a Universidade do Porto, a Universidade de Évora, a Universidade dos Açores, o Instituto Politécnico do Porto e o Instituto Politécnico de Coimbra.*

*Adicionalmente, o ISEL dispõe de um serviço de relações externas, com diversos núcleos nesta área (Relações Institucionais, Relações Empresariais, Relações Internacionais, Relação com o Cliente) que promove parcerias interinstitucionais que se concretizam em protocolos de cooperação, encontrando-se definidos os procedimentos nos Estatutos do ISEL. Estes protocolos são reconhecidos pelo Conselho Técnico-Científico e sujeitos posteriormente à aprovação institucional do Presidente do ISEL.*

**9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:**

*ISEL has established several cooperation protocols with higher educational institutions such as Universidade Nova de Lisboa, Universidade de Évora, Universidade dos Açores, Universidade do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Instituto Politécnico de Coimbra and Universidade de Lisboa.*

*In addition, ISEL has a service of external relations, with several cores in this area (Institutional Relations, Corporate Relations, International Relations, Customer Relations) promoting inter-institutional partnerships that are realized in cooperation protocols, following the procedures defined in ISEL's statutes. These protocols are recognized by the scientific-technical Council (CTC) and subsequently subject to institutional approval by the ISEL's President.*

**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:**

*Engineering Physics, Aberystwyth University, País de Gales*  
<https://courses.aber.ac.uk/undergraduate/engineering-physics/>

*Applied Physics & Instrumentation, Cork Institute of Technology, Irlanda*  
<https://www.cit.ie/course/CR001>

*Applied Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Groningen, Holanda*  
<https://www.rug.nl/bachelors/applied-physics/>

*Applied Physics, Eindhoven University of Technology, Holanda*  
<https://www.tue.nl/en/education/bachelor-college/bachelor-applied-physics/#top>

**10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:**

*Engineering Physics, Aberystwyth University, Wales*  
<https://courses.aber.ac.uk/undergraduate/engineering-physics/>

*Applied Physics & Instrumentation, Cork Institute of Technology, Ireland*  
<https://www.cit.ie/course/CR001>

*Applied Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Groningen, Netherlands*  
<https://www.rug.nl/bachelors/applied-physics/>

*Applied Physics, Eindhoven University of Technology, Netherlands*  
<https://www.tue.nl/en/education/bachelor-college/bachelor-applied-physics/#top>

## 10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

*Na região de Lisboa, apenas a Universidade de Lisboa oferece uma Licenciatura em Física, sendo as restantes formações nesta área Mestrados Integrados. Da apreciação curricular destes cursos, verifica-se que todos oferecem uma forte formação em Física, através de percursos formativos maioritariamente clássicos.*

*Na proposta que se apresenta, para além de uma formação de base sólida em Física é dado particular relevo à componente prática, nomeadamente através do percurso pelas UCs das Oficinas de Engenharia Física, pelas UCs aplicadas em computação, CAD e gestão, e ainda pela UC de Projecto.*

*A nível europeu, e em particular no Reino Unido, é possível encontrar formações com objetivos semelhantes de aprendizagem, conjugando a oferta de uma formação de base sólida em Física com aprendizagens mais profissionalizantes.*

*Neste contexto, considera-se não só estarem reunidas as condições necessárias, mas também ser oportuno a apresentação da proposta deste novo 1º ciclo de estudos.*

## 10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

*Lisbon University is the only higher education institution offering a first-cycle degree programme in physics in the Lisbon area; all other degree programmes locally on offer are combined first- and second-cycle degree programmes. These all provide a sound training in physics, however their teaching methods are mostly traditional.*

*Our proposed degree programme, by contrast, besides the same high level of physics instruction also places particular emphasis on practical aspects. This is achieved at a very early stage through the four Engineering Physics Workshop courses, later complemented with courses on Computation, CAD, Project Management, as well as a final-year Project.*

*Europe-wide and in the UK in particular, there are a number of similar first-cycle degree programmes on offer. These combine a thorough instruction in the basics of physics with more professionally-oriented training.*

*In view of the above, the proposed first-cycle degree programme appears both feasible and timely.*

## 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 - Sociedade Portuguesa de Física

##### 11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

*Sociedade Portuguesa de Física*

##### 11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

#### Mapa VII - CERN

##### 11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

*CERN*

##### 11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

[11.1.2.\\_02\\_Protocolo\\_ISEL\\_CERN.pdf](#)

#### Mapa VII - Closer

##### 11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

*Closer*

##### 11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

[11.1.2.\\_03\\_Protocolo\\_ISEL\\_CLOSER.pdf](#)

**Mapa VII - DBWave****11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:**

*DBWave*

**11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):**

[11.1.2.\\_04\\_Protocolo\\_ISEL\\_DBWave.pdf](#)

**Mapa VII - Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca****11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:**

*Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca*

**11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):**

[11.1.2.\\_05\\_Protocolo\\_ISEL\\_Hospital\\_Professor\\_Doutor\\_Fernando\\_Fonseca.pdf](#)

**Mapa VII - Insitituto de Soldadura e Qualidade****11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:**

*Insitituto de Soldadura e Qualidade*

**11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):**

[11.1.2.\\_06\\_Protocolo\\_ISEL\\_ISQ.pdf](#)

**Mapa VII - Siemens****11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:**

*Siemens*

**11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):**

[11.1.2.\\_07\\_Protocolo\\_ISEL\\_Siemens.pdf](#)

**Mapa VII - Academia CUF****11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:**

*Academia CUF*

**11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):**

[11.1.2.\\_08\\_Protocolo\\_ISEL\\_Academia\\_CUF.pdf](#)

**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:**

*No caso de se virem a realizar estágios e/ou períodos de formação em serviço, existirá pelo menos um orientador designado pela Comissão Coordenadora do ciclo de estudos proposto, que detêm as condições previstas art. 21º do Decreto-Lei nº 74/2006, e que fará o acompanhamento científico do aluno. Esse orientador será também responsável por articular o contacto com a empresa/instituição onde o estágio é realizado. O ISEL disponibiliza aos seus docentes e estudantes o acesso e utilização do Sistema de Gestão de Aprendizagem Moodle, com o qual lhes será possível contactarem e partilharem informação de forma permanente e eficaz.*

**11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:**

*For the internship, the student will have at least one scientific supervisor appointed by the Coordinating Committee of the proposed study cycle, which has the conditions set in the art. 21º of the Decree-Law Nº 74/2006. The supervisor(s) will be in close contact with the supervisor(s) of the enterprises / institution*

where the internship takes place. ISEL offers to their faculty and students the access and use of the Learning Management System Moodle, with which they will be able to contact and share information in a permanent and effective way.

## 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:

- Relevância para a sociedade do ciclo de estudos, face à carência atual de profissionais na área da Física com fortes competências práticas/laboratoriais e à crescente acessibilidade e aplicabilidade das plataformas de prototipagem electrónica do mercado.
- Reconhecido prestígio do ISEL como instituição pública do Ensino Superior.
- Qualidade do ensino e ambiente escolar, dando privilégio ao contacto próximo entre docentes e estudantes.
- Composição da estrutura curricular, face aos objetivos propostos.
- Possibilidade de integração diversificada dos diplomados da LEFA no mercado de trabalho.
- Elevada empregabilidade dos diplomados do Ensino Superior na área da Física.
- Baixos custos marginais na criação e funcionamento do curso.
- Corpo docente altamente qualificado, próprio e estável.
- A grande maioria dos docentes integra Centros de Investigação acreditados pela FCT.
- Produção científica relevante nas áreas de Física: mais de 700 publicações em revistas científicas internacionais referenciadas no ISI, com mais de 11000 citações e um fator  $h=49$ .

### 12.1. Strengths:

- Social relevance of degree programme in view of current shortage of physics-trained professionals with strong laboratory-based skills and the increasing availability and usefulness of electronic prototyping platforms on the market.
- ISEL is a renowned public higher education institution.
- High-quality teaching and a pleasant atmosphere; close interaction between students and instructors is encouraged.
- Customized degree programme.
- Wide variety of career options open to LEFA graduates.
- High employability of physics graduates.
- Low implementation costs of proposed degree programme.
- Highly qualified, low-turnover permanent teaching staff.
- Most teaching staff are affiliated with FCT-accredited R&D centres.
- Abundant scientific output in relevant subfields of physics: more than 700 articles in ISI-listed scholarly

*journals, which have been cited more than 11000 times. H-factor=49.*

#### **12.2. Pontos fracos:**

- *Restrições orçamentais da instituição.*
- *Algumas instalações algo datadas e algumas a precisarem de manutenção.*
- *Dificuldades em atrair alunos com o perfil científico e qualidade desejados (desafio a ultrapassar).*

#### **12.2. Weaknesses:**

- *ISEL's budgetary constraints.*
- *Some laboratories in need of renovation or repairs.*
- *Difficulty attracting high-calibre students with the right academic profile (to be overcome).*

#### **12.3. Oportunidades:**

- *Dotar o ensino superior português de vagas na área da Engenharia Física, onde a procura tem excedido a oferta.*
- *Fomentar uma visão empreendedora e criativa da Engenharia Física, dentro do ensino superior politécnico ministrado no ISEL, não descuidando ao mesmo tempo as bases científicas sólidas necessárias ao desenvolvimento de produto*
- *Fomentar a interdisciplinaridade no ISEL.*
- *Realizar seminários, colóquios e palestras com a participação de especialistas e profissionais na área da Engenharia Física, e nas diversas áreas que lhe são complementares, nomeadamente Física das Energias e Médica .*
- *Incentivar projetos de investigação na interface da Engenharia Física com as restantes áreas científicas do ciclo de estudos.*

#### **12.3. Opportunities:**

- *Increase the number of physical engineering places available within Portuguese higher education. In this field demand has outstripped supply in recent years.*
- *Foster an entrepreneurial and creative outlook for physical engineers in the context of polytechnic higher education as practiced in ISEL. At the same time, the need for a thorough training in the basic science as a prerequisite for product development must not be overlooked.*
- *Foster interdisciplinarity within ISEL.*
- *Organise seminars, colloquia and lectures by and for physical engineers, also covering complementary areas such as the physics of energy and medical physics.*
- *Foster research projects at the interface between physical engineering and the other scientific disciplines covered in this degree programme.*

#### **12.4. Constrangimentos:**

- *Deficiente visibilidade do Ensino Superior Politécnico.*
- *Eventual ambiente económico desfavorável dos estudantes e respetivas famílias que lhes dão suporte.*
- *Fraca preparação adquirida pelos estudantes no ensino secundário.*
- *Eventuais restrições orçamentais que possam vir a ocorrer.*

#### **12.4. Threats:**

- *Polytechnic higher education has low visibility.*
- *Students and their families may face financial hardship.*
- *Many students have been poorly trained at secondary-school level.*
- *Possible future budgetary constraints.*

#### **12.5. Conclusões:**

*A Licenciatura em Engenharia Física Aplicada (LEFA) apresenta-se como uma proposta:*

- *inovadora, não existindo na região de Lisboa e Vale do Tejo ou em outra parte do país um 1º ciclo de estudos em Engenharia Física Aplicada, de forte componente prática e laboratorial, assente nas novas oportunidades dadas pelas plataformas de prototipagem electrónica acessíveis, que visa criar nos alunos capacidades criativas e de empreendedorismo, fornecendo ao mesmo tempo conhecimentos sólidos de Física, transversal em todas as áreas da engenharia.*
  - *eficiente, ao tirar partido das competências dos docentes da Área departamental de Física e da atual oferta formativa do ISEL;*
  - *oportuna, na medida em que irá permitir ao ISEL alargar o espectro da sua oferta formativa de 1º ciclo.*
- Neste contexto, tendo como base os dados e orientações da DGES e a análise SWOT apresentada, pode-se concluir que existe uma oportunidade inquestionável para a apresentação deste novo ciclo de estudos, estando reunidas todas as condições para a oferta da Licenciatura em Engenharia Física Aplicada no ISEL.*

#### **12.5. Conclusions:**

*The first cycle degree programme in Applied Physical Engineering (LEFA) is:*

*- Innovative – no first-cycle degree programme in applied physical engineering is currently offered in the Lisbon and Tagus Valley area, or indeed anywhere else in the country, that is strongly laboratory-based, making full use of the new opportunities afforded by the available electronic prototyping platforms. No other programme fosters creativity and entrepreneurship while at the same time providing a thorough training in basic physics that is common to all engineering disciplines.*

*- resource-effective – it uses the skills of ISEL's Physics Department staff and the resources of ISEL's currently-running programmes.*

*- timely – it allows ISEL to widen the range of first-cycle degree programmes it offers.*

*Data and guidelines from the Directorate for Higher Education, as well as the SWOT analysis presented above, all point to one inescapable conclusion: that the proposed degree programme in Applied Physical Engineering at ISEL is feasible and comes at just the right time to be successful.*