

# NCE/19/1900241 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

---

## 1. Caracterização geral do ciclo de estudos

### 1.1. Instituição de Ensino Superior:

*Universidade Da Beira Interior*

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

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

*Faculdade de Ciências (UBI)*

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

### 1.3. Designação do ciclo de estudos:

*Física e Aplicações*

### 1.3. Study programme:

*Physics and Applications*

### 1.4. Grau:

*Licenciado*

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

*Física*

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

*Physics*

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

*441*

### 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:

*442*

### 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):

*3 anos (6 semestres)*

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

*3 years (6 semesters)*

### 1.9. Número máximo de admissões:

*40*

### 1.10. Condições específicas de ingresso.

*Tem como provas de ingresso as seguintes*  
*07 Física e Química*  
*19 Matemática A*

**1.10. Specific entry requirements.**

*Entry exams are*  
*07 Physics and Chemistry*  
*19 Mathematics A*

**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:**

*O curso será ministrado nas instalações da Universidade da Beira Interior (UBI), Covilhã, Portugal*

**1.12. Premises where the study programme will be lectured:**

*The course will be lectured in the premises of the University of Beira Interior (UBI), Covilhã, Portugal*

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

[1.13.\\_Despacho\\_3493\\_2019\\_RegulamentoCreditacao.pdf](#)

**1.14. Observações:**

*A Licenciatura em Física e Aplicações oferece dois percursos, o de Física e o de Física e Química*  
*O primeiro percurso (Física) é constituído por 26 unidades curriculares (UC) obrigatórias distribuídas pelas áreas da Física (102 ECTS), Matemática (36 ECTS), Química (12 ECTS) e Informática (6 ECTS), e por 4 UC opcionais nas áreas da Física e da Matemática*  
*O segundo percurso (Física e Química) tem 28 UC obrigatórias incidindo nas áreas da Física (66 ECTS), Química (60 ECTS), Matemática (36 ECTS) e Informática (6 ECTS), e por duas UC opcionais de Física e de Química*  
*Ambos os percursos garantem uma formação abrangente em Física. O primeiro está dirigido a alunos que pretendem continuar estudos em Física e áreas afins. O segundo tem maior peso na área de química para possibilitar o acesso aos cursos de segundo ciclo em Ensino de Física e Química*  
*A coerência do percurso formativo é assegurada pelo acompanhamento da coordenação do ciclo de estudos*

**1.14. Observations:**

*The Degree in Physics and Applications offers two pathways, Physics and Physics and Chemistry*  
*The first (Physics) consists of 26 mandatory curricular units (UCs) distributed by the areas of Physics (102 ECTS), Mathematics (36 ECTS), Chemistry (12 ECTS) and Informatics (6 ECTS), and by 4 optional UCs in the areas of Physics and Mathematics*  
*The second (Physics and Chemistry) has 28 mandatory UCs covering the areas of Physics (66 ECTS), Chemistry (60 ECTS), Mathematics (36 ECTS) and Informatics (6 ECTS), and by 2 optional Physics and Chemistry UCs*  
*Both courses guarantee comprehensive training in physics. The first is aimed at students who intend to continue studies in physics and related fields. The second has greater weight in the area of chemistry to enable access to the second cycle courses in Physics and Chemistry Teaching*  
*The coherence of the training path ensured by the follow-up of the study cycle coordination*

## 2. Formalização do Pedido

### Mapa I - Comissão Científica do Departamento de Física

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Comissão Científica do Departamento de Física*

**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\\_DF\\_NCE\\_Fisica.pdf](#)

### Mapa I - Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências da Universidade da Beira Interior

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências da Universidade da Beira Interior*

- 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\\_FC\\_NCE\\_Fisca.pdf](#)

**Mapa I - Conselho Científico da Faculdade de Ciências da Universidade da Beira Interior**

---

- 2.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Científico da Faculdade de Ciências da Universidade da Beira Interior*

- 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 CC\\_FC\\_NCE\\_Fisca.pdf](#)

**Mapa I - Senado da Universidade da Beira Interior**

---

- 2.1.1. Órgão ouvido:

*Senado da Universidade da Beira Interior*

- 2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):  
[2.1.2.\\_Extrato de Ata\\_Reunião do Senado\\_NCE\\_1.º Ciclo em Física e Aplicações.pdf](#)

**Mapa I - Reitor da Universidade da Beira Interior**

---

- 2.1.1. Órgão ouvido:

*Reitor da Universidade da Beira Interior*

- 2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):  
[2.1.2.\\_Decisão\\_Reitor\\_UBI.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 1.º Ciclo de Estudos em Física e Aplicações tem como objetivo formar licenciados com uma base sólida em Física, que os habilite a aplicar métodos teóricos, computacionais e laboratoriais da Física na análise e resolução de problemas físicos, e que lhes permita enfrentar com confiança a continuação de estudos em cursos de 2.º ciclo da UBI ou noutras instituições de ensino superior, nacionais ou estrangeiras*

*São oferecidos dois percursos. O primeiro, intitulado Física, está dirigido aos que pretendem uma formação centrada na Física e nas suas aplicações, abordadas num leque variado de unidades curriculares optativas, com vista a continuação de estudos em Física ou áreas afins e de aplicação da Física. O segundo, intitulado Física e Química, tem um peso importante em Química, para possibilitar o acesso dos licenciados aos cursos de 2.º ciclo em Ensino de Física e Química*

- 3.1. The study programme's generic objectives:

*The first cycle of studies in Physics and Applications aims to train graduates with a solid foundation in physics, enabling them to apply theoretical, computational and laboratory methods of physics in the analysis and resolution of physical problems, and allowing them to confidently face the continuation of studies in UBI 2nd cycle courses or in other national or foreign higher education institutions*

*Two courses are offered. The first, entitled Physics, is aimed at those who want a training focused on Physics and its applications, addressed in a wide range of optional curricular units, with a view to further studies in Physics or related areas and applications of Physics. The second, entitled Physics and Chemistry, has an important weight in Chemistry, to enable graduates access to the 2nd cycle courses in Physics and Chemistry Teaching*

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

*Os licenciados neste curso terão conhecimento aprofundado e capacidade de aplicar esse conhecimento nas áreas centrais da física clássica (Mecânica Clássica, Eletromagnetismo e Ótica, Termodinâmica, Física Estatística, Relatividade) e uma base coerente e extensa de conhecimentos da física moderna (Mecânica Quântica, Física Atómica e Molecular, Física Nuclear, Física de Partículas, Astrofísica, Cosmologia, entre outros)*

*Deverão ficar familiarizados com as técnicas laboratoriais e com os dispositivos de medida e ser capazes de demonstrar destreza e competência em laboratório e em contextos de desenvolvimento e produção industrial de produtos resultantes da investigação em Física Aplicada*

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

*Graduates of this course will have in-depth knowledge and ability to apply this knowledge in the core areas of classical physics (Classical Mechanics, Electromagnetism and Optics, Thermodynamics, Statistical Physics, Relativity) and a coherent and extensive knowledge base of modern physics (Quantum Mechanics, Atomic and Molecular Physics,*

*Nuclear Physics, Particle Physics, Astrophysics, Cosmology and others)*

*They should be familiar with laboratory techniques and measuring devices and be able to demonstrate skills in the laboratory and in industrial development and production contexts of products resulting from Applied Physics research*

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

*A Universidade da Beira Interior tem como missão: “Promover a qualificação de alto nível, a produção, transmissão, crítica e difusão do saber, cultura, ciência e tecnologia, através do estudo, da docência e da investigação”. A qualificação de alto nível que a UBI declara estatutariamente como primeiro ponto da sua missão entende-se como formação humana, cultural, científica e tecnológica. É a esse fim primeiro que se subordinam os demais fins da universidade: a realização de investigação fundamental e aplicada, a prestação de serviços à comunidade, o intercâmbio cultural, científico e técnico e a cooperação internacional e a aproximação entre os povos. A razão de ser da ação da UBI é sempre de natureza formativa. Neste sentido, objetiva-se a procura da excelência no ensino e na aprendizagem, a par de uma oferta formativa exigente, inovadora, flexível e atrativa nas suas grandes áreas de afirmação. Utilizam-se métodos de aprendizagem adequados às exigências da sociedade, substituem-se esquemas antiquados, conseguindo que o estudante se converta no sujeito principal de um processo educativo que lhe permita uma formação ao longo da vida, bem como uma participação ativa na construção de uma sociedade mais desenvolvida, culta e capaz. Por sua vez, o professor deverá estar consciente do seu novo protagonismo na exposição, discussão, tutoria e difusão de conhecimentos que substituem o mero processo de transmissão. As boas práticas devem fornecer experiência, ensinar a aprender, a procurar, a descobrir, induzir curiosidade científica e discernimento. A investigação científica é uma componente essencial do ensino e é nesta simbiose que reside o génio da Universidade. Neste mesmo sentido potencia-se e facilita-se o desenrolar da investigação científica dos docentes e investigadores, com a colaboração dos estudantes, através da sua participação em estruturas estáveis, como sejam grupos, unidades/laboratórios de investigação, que permitam o desenvolvimento de um trabalho de excelência, de forma competitiva e com projeção nacional e internacional*

*O ciclo de estudos proposto integra-se na estratégia formativa da UBI dado que:*

- 1. A Física é uma área clássica do conhecimento e a sua afirmação é crucial para o prestígio da Universidade;*
- 2. A existência de um 1.º ciclo em Física contribui para a consolidação do Departamento de Física e da Faculdade de Ciências, ajuda a promoção e aprofundamento de sinergias entre diferentes departamentos da universidade, possibilita a formação inicial e irá potenciar a procura de mestrados e doutoramentos em Física e áreas afins, o que certamente irá contribuir para a melhoria de outputs no ensino e na investigação em Física e suas aplicações;*
- 3. Prevê metodologias assertivas, tradicionais mas também inovadoras, ao encontro dos objetivos traçados;*
- 4. Constitui um plano de formação sólido, atual, flexível, mas coerente, inter e multidisciplinar, que responde às necessidades do mercado em diversas áreas*

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

*The University of Beira Interior's mission is: “To promote high-level qualification, the production, transmission, critique and diffusion of knowledge, culture, science and technology through study, teaching and research”. The high level qualification that UBI declares statutory as the first point of its mission is understood as human, cultural, scientific and technological formation. It is to this goal that the other objectives of the university are subordinated: the performance of fundamental and applied research, the provision of services to the community, cultural, scientific and technical exchange, and international cooperation and rapprochement between peoples. The raison d'être of UBI action is always of a formative nature. In this sense, the objective is the pursuit of excellence in teaching and learning, together with a demanding, innovative, flexible and attractive training offer in its major areas of affirmation. Appropriate learning methods are used to meet the demands of society, and old-fashioned schemes are replaced, enabling the student to become the main subject of an educational process that enables him / her to form lifelong learning as well as an active participation in the construction of a most developed, educated and capable society. In turn, the teacher should be aware of his new role in the exposition, discussion, tutoring and dissemination of knowledge that replace the mere process of transmission. Good practice should provide experience, teach learning, seek, discover, induce scientific curiosity and discernment*

*Scientific research is an essential component of teaching and it is in this symbiosis that lies the genius of the University. In this same way, the scientific research of teachers and researchers is facilitated with the collaboration of students, through their participation in stable structures, such as groups, research units / laboratories, which allow the development of a work of excellence, competitiveness and with national and international projection*

*The proposed study cycle is part of UBI's formative strategy as:*

- 1. Physics is a classic area of knowledge and its affirmation is crucial to the prestige of the University;*
- 2. The existence of a 1st cycle in Physics contributes to the consolidation of the Department of Physics and the Faculty of Sciences, helps to promote and deepen synergies between different university departments, enables initial training and will boost the demand for Masters and PhDs in Physics and related fields, which will certainly contribute to the improvement of outputs in teaching and research in Physics and its applications;*
- 3. It provides assertive methodologies, traditional but also innovative, to meet the objectives set;*
- 4. It is a solid, current, flexible, but coherent, inter and multidisciplinary training plan that responds to market needs in various areas*

## **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:

Física  
Física e Química

Physics  
Physics and Chemistry

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

##### Mapa II - Física

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

*Física*

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

*Physics*

##### 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
Física / Physics	F	102	0	Nº máx de ECTS optativos: 24
Matemática / Mathematics	M	36	0	Nº máx de ECTS optativos: 12
Química / Chemistry	Q	12		
Informática / Informatics	I	6		
Física / Matemática / Physics / Mathematics	F / M		24	
<b>(5 Items)</b>		<b>156</b>	<b>24</b>	

##### Mapa II - Física e Química

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

*Física e Química*

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

*Physics and Chemistry*

##### 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
Física / Physics	F	66	0	Nº máx de ECTS optativos: 12
Química / Chemistry	Q	60	0	Nº máx de ECTS optativos: 6
Matemática / Mathematics	M	36		
Informática / Informatics	I	6		
Física / Química / Physics / Chemistry	F / Q		12	
<b>(5 Items)</b>		<b>168</b>	<b>12</b>	

#### 4.3 Plano de estudos

##### Mapa III - Física - 1 / 1

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

1 / 1

**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 I / Calculus I	M	Semestral	168	TP60	6	
Álgebra Linear / Linear Algebra	M	Semestral	168	TP60	6	
Física Geral I / General Physics I	F	Semestral	168	TP60	6	
Programação / Programming	I	Semestral	168	T30+PL30	6	
Química I / Chemistry I	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	

**(5 Items)**

**Mapa III - Física - 1 / 2****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Física***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Physics***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

1 / 2

**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)
Calculo II / Calculus II	M	Semestral	168	TP60	6	
Física Geral II / General Physics II	F	Semestral	168	TP60	6	
Física Laboratorial I / Laboratory Physics I	F	Semestral	168	TP30+PL30	6	
Introdução à Física Moderna / Introduction to Modern Physics	F	Semestral	168	TP60	6	
Química II / Chemistry II	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	

**(5 Items)**

**Mapa III - Física - 2 / 1****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Física***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Physics***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

2 / 1

**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 III / Calculus III	M	Semestral	168	TP60	6	
Probabilidades e Estatística / Probability and Statistics	M	Semestral	168	TP60	6	
Eletrónica / Electronics	F	Semestral	168	T30+PL30	6	
Termodinâmica / Thermodynamics	F	Semestral	168	TP60	6	
Mecânica Clássica / Classical Mechanics	F	Semestral	168	TP60	6	

(5 Items)

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

2 / 2

**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)
Matemática Computacional / Computational Mathematics	M	Semestral	168	TP60	6	
Mecânica Quântica I / Quantum Mechanics I	F	Semestral	168	TP60	6	
Eletromagnetismo e Ótica / Electromagnetism and Optics	F	Semestral	168	T30+TP15+PL15	6	
Métodos Matemáticos da Física / Mathematical Methods in Physics	F	Semestral	168	TP60	6	
Física Laboratorial II / Laboratory Physics II	F	Semestral	168	TP30+PL30	6	

(5 Items)

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

3 / 1

**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)
Mecânica Quântica II / Quantum Mechanics II	F	Semestral	168	TP60	6	
Física Estatística / Statistical Physics	F	Semestral	168	TP60	6	
Física Atómica e Molecular / Atomic and Molecular Physics	F	Semestral	168	TP60	6	
Astronomia e Astrofísica / Astronomy and	F	Semestral	168	TP60	6	Opção 1,

Astrophysics							Opção 2
Fusão Nuclear / Nuclear Fusion	F	Semestral	168	TP60	6		Opção 1, Opção 2
Campos Eletromagnéticos em Sistemas Biológicos / Electromagnetic Fields in Biological Systems	F	Semestral	168	T30+PL30	6		Opção 1, Opção 2
Fotónica Biomédica / Biomedical Photonics	F	Semestral	168	T30+PL30	6		Opção 1, Opção 2
Equações Diferenciais / Differential Equations	M	Semestral	168	TP60	6		Opção 1, Opção 2
Processamento de Sinal e Imagem	F	Semestral	168	T30+PL30	6		Opção 1, Opção 2

**(9 Items)****Mapa III - Física - 3 / 2****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Física***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Physics***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

3 / 2

**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)
Física Nuclear e de Partículas / Nuclear and Particle Physics	F	Semestral	168	TP60	6	
Física do Estado Sólido / Solid State Physics	F	Semestral	168	TP60	6	
Ótica Física / Physical Optics	F	Semestral	168	TP30+PL30	6	
Relatividade e Cosmologia / Relativity and Cosmology	F	Semestral	168	TP60	6	Opção 3, Opção 4
Física da Radiação Aplicada / Applied Radiation Physics	F	Semestral	168	TP30+PL30	6	Opção 3, Opção 4
Física Computacional / Computational Physics	F	Semestral	168	TP60	6	Opção 3, Opção 4
Processos Físicos do Corpo Humano / Physical Processes in the Human Body	F	Semestral	168	TP60	6	Opção 3, Opção 4
Lasers em Biomedicina / Lasers in Biomedicine	F	Semestral	168	T30+PL30	6	Opção 3, Opção 4
Análise Numérica	M	Semestral	168	TP60	6	Opção 3, Opção 4

**(9 Items)****Mapa III - Física e Química - 1 / 1****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Física e Química***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Physics and Chemistry***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

1 / 1

**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 I / Calculus I	M	Semestral	168	TP60	6
Álgebra Linear / Linear Algebra	M	Semestral	168	TP60	6
Física Geral I / General Physics I	F	Semestral	168	TP60	6
Programação / Programming	I	Semestral	168	T30+PL30	6
Química I / Chemistry I	Q	Semestral	168	T30+PL30	6

(5 Items)

### Mapa III - Física e Química - 1 / 2

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

*Física e Química*

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

*Physics and Chemistry*

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

1 / 2

#### 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 II / Calculus II	M	Semestral	168	TP60	6	
Física Geral II / General Physics II	F	Semestral	168	TP60	6	
Física Laboratorial I / Laboratory Physics I	F	Semestral	168	TP30+PL30	6	
Introdução à Física Moderna / Introduction to Modern Physics	F	Semestral	168	TP60	6	
Química II	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	

(5 Items)

### Mapa III - Física e Química - 2 / 1

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

*Física e Química*

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

*Physics and Chemistry*

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

2 / 1

#### 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 III / Calculus III	M	Semestral	168	TP60	6	
Probabilidades e Estatística / Probability and Statistics	M	Semestral	168	TP60	6	
Química Física / Physical Chemistry	Q	Semestral	168	T30+TP30	6	
Química Orgânica / Organic Chemistry	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	
Química Analítica / Analytic Chemistry	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	

(5 Items)

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

2 / 2

**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)
Matemática Computacional / Computational Mathematics	M	Semestral	168	TP60	6	
Mecânica Quântica I / Quantum Mechanics I	F	Semestral	168	TP60	6	
Eletromagnetismo e Ótica / Electromagnetism and Optics	F	Semestral	168	T30+TP15+PL15	6	
Bioquímica / Biochemistry	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	
Química dos Polímeros / Polymer Chemistry	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	

**(5 Items)**

**Mapa III - Física e Química - 3 / 1****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Física e Química***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Physics and Chemistry***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

3 / 1

**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)
Física Atómica e Molecular / Atomic and Molecular Physics	F	Semestral	168	TP60	6	
Astronomia e Astrofísica / Astronomy and Astrophysics	F	Semestral	168	TP60	6	
Química Inorgânica / Inorganic Chemistry	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	
Métodos Instrumentais de Análise / Instrumental Methods of Analysis	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	
Campos Eletromagnéticos em Sistemas Biológicos / Electromagnetic Fields in Biological Systems	F	Semestral	168	T30+PL30	6	Opção 5
Fotónica Biomédica / Biomedical Photonics	F	Semestral	168	T30+PL30	6	Opção 5
Mecânica Quântica II / Quantum Mechanics II	F	Semestral	168	TP60	6	Opção 5
Microbiologia / Microbiology	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	Opção 5
Análise e Tratamento de Dados / Data Processing and Analysis	Q	Semestral	168	T30+TP30	6	Opção 5
Higiene, Segurança e Qualidade / Hygiene, Safety and Quality	Q	Semestral	168	T30+TP30	6	Opção 5

**(10 Items)**

**Mapa III - Física e Química - 3 / 2**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Física e Química***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Physics and Chemistry***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***3 / 2***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)
Física Nuclear e de Partículas / Nuclear and Particle Physics	F	Semestral	168	TP60	6	
Física do Estado Sólido / Solid State Physics	F	Semestral	168	TP60	6	
Ótica Física / Physical Optics	F	Semestral	168	TP30+PL30	6	
Química do Ambiente / Environmental Chemistry	Q	Semestral	168	T30+PL30	6	
Relatividade e Cosmologia / Relativity and Cosmology	F	Semestral	168	TP60	6	Opção 6
Física da Radiação Aplicada / Applied Radiation Physics	F	Semestral	168	TP30+PL30	6	Opção 6
Física Computacional / Computational Physics	F	Semestral	168	TP60	6	Opção 6
Processos Físicos do Corpo Humano / Physical Processes in the Human Body	F	Semestral	168	TP60	6	Opção 6
Lasers em Biomedicina / Lasers in Biomedicine	F	Semestral	168	T30+PL30	6	Opção 6
Métodos Matemáticos da Física / Mathematical Methods in Physics	F	Semestral	168	TP60	6	Opção 6

**(10 Items)****4.4. Unidades Curriculares****Mapa IV - Cálculo I****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Cálculo I***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Calculus I***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***M***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***60TP***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***-*

**4.4.1.7. Observations:**

-

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Helder Soares Vilarinho, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final da unidade curricular, os estudantes devem ser capazes de:*

- i) Calcular limites de funções reais de variável real*
- ii) Estudar a continuidade de funções reais de variável real*
- iii) Derivar funções reais de variável real*
- iv) Aplicar as derivadas ao cálculo de máximos e mínimos e ao esboço de gráficos de funções*
- v) Primitivar funções reais de variável real*
- vi) Integrar funções reais de variável real*
- vii) Aplicar o cálculo integral ao cálculo de áreas, ao cálculo de comprimento de curvas e ao cálculo da área de superfície e do volume de um sólido de revolução*
- viii) Calcular limites de sucessões*
- ix) Estudar a convergência de séries*

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***At the end of the curricular unit, students should be able to:*

- i) Compute limits of functions of one variable*
- ii) Investigate the continuity of functions of one variable*
- iii) Compute the derivatives of functions of one variable*
- iv) Apply the derivatives to compute maximums and minimums and to sketch graphs of functions*
- v) Compute antiderivatives of functions of one variable*
- vi) Integrate functions of one variable*
- vii) Apply the integral calculus to compute areas, to compute the length of curves and to compute the surface area and the volume of a solid of revolution*
- viii) Compute limits of sequences*
- ix) Investigate the convergence of series*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:***1-Funções reais, variável real: generalidades, exemplos**1.1 Números reais**1.2 Funções, inversa, composição**1.3 Funções exponencial e logarítmica**1.4 Funções trigonométricas e suas inversas**1.5 Funções hiperbólicas**2-Funções reais, variável real: limites, continuidade**2.1 Noções de topologia em  $\mathbb{R}$* *2.2 Limites: propriedades, exemplos**2.3 Limites infinitos e no infinito**2.4 Limites laterais**2.5 Assíntotas**2.6 Funções contínuas**2.7 Propriedades fundamentais da continuidade**3-Cálculo diferencial em  $\mathbb{R}$* *3.1 Derivadas: regras, exemplos**3.2 Teoremas de Rolle, Lagrange, Cauchy**3.3 Derivadas de ordem superior, fórmula de Taylor**3.4 Aplicações**4-Primitivas**4.1 Primitivas imediatas**4.2 Método por partes**4.3 Método de substituição**4.4 Primitivas de funções racionais**5-Cálculo integral em  $\mathbb{R}$* *5.1 Integral de Riemann**5.2 Teorema Fundamental do Cálculo**5.3 Integração por partes e por substituição**5.4 Aplicações**6-Sucessões e séries**6.1 Sucessões e séries de números reais**6.2 Séries de potências e de Taylor*

**4.4.5. Syllabus:**

*1-Functions of 1 variable: generalities, examples*

*1.1 Real numbers*

*1.2 Functions, inverse and composition*

*1.3 Exponential and logarithmic functions*

*1.4 Trigonometric functions and their inverses*

*1.5 Hyperbolic functions*

*2-Functions of 1 variable: limits, continuity*

*2.1 Notions of topology in  $\mathbb{R}$*

*2.2 Limits: properties, examples*

*2.3 Limits at infinity and infinite limits*

*2.4 Lateral limits*

*2.5 Asymptotes*

*2.6 Continuous functions*

*2.7 Fundamental properties of continuity*

*3-Differential calculus in  $\mathbb{R}$*

*3.1 Derivatives: rules, examples*

*3.2 Theorems of Rolle, Lagrange, Cauchy*

*3.3 Higher derivatives, Taylor's formula*

*3.4 Applications*

*4-Antiderivatives*

*4.1 Basic antiderivatives*

*4.2 Method by parts*

*4.3 Method by substitution*

*4.4 Antiderivatives of rational functions*

*5-Integral calculus in  $\mathbb{R}$*

*5.1 Riemann integral*

*5.2 Fundamental Theorem of Calculus*

*5.3 Integration by parts and by substitution*

*5.4 Applications*

*6-Sequences and series*

*6.1 Sequences and series of real numbers*

*6.2 Power and Taylor series*

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

*O capítulo 1 dos conteúdos programáticos é um capítulo introdutório às funções reais de variável real, que será necessário nos restantes capítulos. Os objetivos i) e ii) são referentes ao capítulo 2. Os objetivos iii) e iv) referem-se ao capítulo 3. O objetivo v) é referente ao capítulo 4 enquanto que os objetivos vi) e vii) correspondem ao capítulo 5. Finalmente, os objetivos viii) e ix) respeitam ao último capítulo.*

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

*Chapter 1 of the syllabus is an introductory chapter to the real variable functions, which will be required in the remaining chapters. Objectives i) and ii) refer to chapter 2. Objectives iii) and iv) refer to chapter 3. Objective v) refers to chapter 4 while objectives vi) and vii) correspond to chapter 5. Finally, objectives viii) and ix) relate to the last chapter.*

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

*As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, enuncia os resultados, demonstrando muitos deles. Ilustra ainda a teoria com exemplos e aplicações. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios e problemas. É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios, problemas e demonstrações matemáticas. Na interação com o professor será promovido o aperfeiçoamento da utilização da linguagem matemática escrita e oral. A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas F1 e F2 (0-20 valores) e um trabalho individual T (0-4 valores). A classificação final será  $CF = [(16/20) * (0,5 * F1 + 0,5 * F2) + T]$ . O estudante poderá ainda realizar um exame final.*

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

*The classes will be theoretical-practical. The teacher presents the concepts and enunciates the results, demonstrating many of them. It also illustrates theory with examples and applications. The student is encouraged to participate in classes, interacting with the teacher and sometimes solving exercises and problems. Autonomous work will be encouraged, mainly consisting of exercises, problem solving and mathematical proofs. In the interaction with the teacher, it will be promoted the usage of mathematical language, in oral and written form. The evaluation carried out over the teaching-learning period will consist of two written tests F1 and F2 (0-20 values) and an individual work T (0-4 values). The final classification will be  $FC = [(16/20) * (0.5 * F1 + 0.5 * F2) + T]$ . The student can also take a final exam.*

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

*As aulas teórico-práticas permitem aos alunos a assimilação dos conceitos e resultados e, em simultâneo, o contacto com exemplos e aplicações. O incentivo à participação dos alunos nas aulas contribuirá ainda para aumentar as suas capacidades de comunicação científica e de analisar e compreender os resultados matemáticos. O estímulo ao trabalho autónomo contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de formular e resolver problemas, bem como da capacidade de utilizar a linguagem matemática. Desta forma o aluno terá diversas metodologias para, em conjunto,*

*permitir que possa adquirir e compreender os conteúdos programáticos e atingir todos os objetivos apresentados para a unidade curricular.*

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

*The theoretical-practical classes allow students to assimilate the concepts and results and, simultaneously, the contact with examples and applications. Encouraging the student participation in classrooms will also contribute to enhancing their ability to communicate science and to analyze and understand mathematical results. The stimulus to autonomous work will contribute to the development of the capacity to formulate and solve problems, as well as the ability to use mathematical language. In view of this the student will have several methodologies to jointly allow them to acquire and understand the syllabus and achieve all the objectives presented for the course.*

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

*Apostol T (1994). Cálculo, volume I. Rio de Janeiro: Reverté  
Dias Agudo F (1994). Análise Real. Lisboa: Escolar Editora  
Lang S (1986). A First Course in Calculus. New York: Springer  
Lima E (2004). Análise Real, volume I. Rio de Janeiro: IMPA  
Stewart J (2005). Cálculo, volume I. São Paulo: Pioneira Thomson Learning*

### Mapa IV - Álgebra Linear

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Álgebra Linear*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Linear Algebra*

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

*M*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*60TP*

#### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

#### 4.4.1.7. Observações:

*-*

#### 4.4.1.7. Observations:

*-*

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

*Patrícia Damas Beites, 60 h*

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

*-*

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

*Identificar matrizes quadradas, retangulares, linhas e colunas de uma matriz  
Identificar matrizes diagonais, simétricas, antissimétricas e hermitianas  
Calcular a soma, o produto e a transposta de uma matriz  
Calcular a característica de uma matriz  
Identificar uma matriz invertível e calcular a sua inversa  
Resolver e classificar sistemas de equações lineares  
Calcular o determinante de uma matriz  
Identificar subespaços de um espaço vetorial e determinar uma base  
Calcular a matriz de uma aplicação linear*

*Resolver sistemas lineares e calcular a inversa de uma matriz usando determinantes*  
*Determinar os valores próprios de uma matriz e identificar matrizes diagonalizáveis*  
*Calcular o produto interno, produto externo e produto misto de vetores*

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

*To identify square and rectangular matrices, rows and columns of a matrix*  
*To identify diagonal, symmetric, skew-symmetric and hermitian matrices*  
*To determine the sum, the product and the transpose of a matrix*  
*To calculate the rank of a matrix*  
*To identify an invertible matrix and to calculate its inverse*  
*To solve and to classify linear systems of equations*  
*To calculate the determinant of a matrix*  
*To identify subspaces of a vector space and to determine a basis*  
*To find the matrix of a linear transformation*  
*To solve linear systems of equations and to calculate the inverse of a matrix using determinants*  
*To determine the eigenvalues of a matrix and to identify diagonalizable matrices*  
*To calculate the inner product, the vector cross product and the scalar triple product of vectors*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1. Matrizes*  
*Classificação de matrizes*  
*Operações com matrizes*  
*Caraterística de uma matriz*  
*Inversa de uma matriz*  
*Sistemas de equações lineares*  
*2. Determinantes*  
*Determinante de uma matriz quadrada*  
*Propriedades; Complementos algébricos; Teorema de Laplace*  
*Matriz adjunta e inversa de uma matriz*  
*Aplicação à resolução de sistemas de equações lineares*  
*3. Espaços Vetoriais*  
*Definição de espaço vetorial*  
*Subespaços; Combinações lineares e conjunto gerador*  
*Dependência e independência linear*  
*Base e dimensão de um espaço vetorial*  
*4. Transformações Lineares*  
*Definição e exemplos*  
*Propriedades*  
*Matriz de uma aplicação linear*  
*Matriz mudança de base*  
*5. Valores e vetores próprios de uma matriz*  
*Definição, exemplos e propriedades*  
*Matrizes semelhantes*  
*Matrizes diagonalizáveis*  
*6. Espaços vetoriais munidos de produto interno*  
*Produto interno*  
*Norma*  
*Produto vetorial em  $R^3$  e produto misto*

#### 4.4.5. Syllabus:

*1. Matrices*  
*Types of matrices*  
*Operations with matrices*  
*Rank of a matrix*  
*Inverse of a matrix*  
*Systems of linear equations*  
*2. Determinants*  
*Determinant of a square matrix*  
*Properties; Cofactors; Laplace's Theorem*  
*Adjoint matrix and inverse matrix*  
*Application to linear systems of equations*  
*3. Vector Spaces*  
*Definition of vector space*  
*Subspaces; Linear combinations and spanning set*  
*Linear dependence and independence*  
*Basis and dimension of a vector space*  
*4. Linear Transformations*  
*Definition and examples*  
*Properties*  
*Matrix of a linear transformation*  
*Change of basis matrix*  
*5. Eigenvalues and eigenvectors of a matrix*

*Definition, examples and properties*  
*Similar matrices*  
*Diagonalizable matrices*  
**6. Inner product spaces**  
*Inner product*  
*Norm*  
*Vector cross product in R3 and scalar triple product*

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

*A presente unidade curricular visa um domínio forte das principais ferramentas e métodos de um curso introdutório à Álgebra Linear pelos estudantes, possibilitando a sua utilização no futuro. Os conteúdos programáticos, usualmente lecionados em unidades curriculares similares de outras universidades europeias, nomeadamente portuguesas, foram definidos em função dos objetivos de aprendizagem pretendidos para esta unidade curricular.*

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

*This course aims to provide the students with a strong basis of the major tools and methods of an introductory course to Linear Algebra, enhancing its use in the future. The syllabus, whose contents are usually taught in similar courses in other European Universities, namely Portuguese, relies on the learning outcomes intended for this curricular unit.*

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

*A tipologia das aulas é teórico-prática: exposição da matéria pelo professor, intercalada com resolução de tarefas pelos alunos sob orientação do professor. Pretende-se que os alunos, de uma forma autónoma, analisem, discutam e apliquem os principais conceitos abordados.*

*A avaliação é realizada ao longo do semestre através de:*

- dois testes escritos, cada um cotado para 9 valores (90%);
- duas tarefas escritas a realizar em grupo, cada uma com a cotação de 1 valor (10%).

*A assiduidade e a nota mínima para admissão a exame são, respetivamente, 70% e 6 valores.*

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

*Each class is a combination of a lecture and a practical class: presentation of the theoretical concepts by the teacher, interspersed with tasks to be solved by the students under the supervision of the teacher. Students are expected to work autonomously, analysing, discussing and applying the main concepts.*

*Throughout the semester, the assessment consists of:*

- two written tests, each for 9 marks (90%);
- two written tasks to be solved in group, each for 1 mark (10%).

*The attendance to classes and the minimum score required for exam are, respectively, 70% and 6 marks.*

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

*Para que o estudante seja capaz de atingir os objetivos da unidade curricular, e sendo esta uma unidade curricular do primeiro ano, é importante que os conceitos sejam apresentados de uma forma gradual. Assim, são programadas aulas teóricas-práticas (TP) onde é feita, não só a exposição teórica dos conceitos constantes nos conteúdos programáticos por parte do professor, mas também a realização de tarefas teóricas e práticas pelos alunos sob a orientação do professor. Pretende-se, assim, que os alunos adquiram as competências necessárias para obter a aprovação.*

*A metodologia de ensino-aprendizagem encontra-se centrada no aluno, que, ao longo do semestre, vai adquirindo e aplicando os conceitos, com o seu trabalho autónomo. Desta forma, é dada particular importância à avaliação contínua, que permite que o aluno possa, ao longo do semestre, demonstrar faseadamente as competências adquiridas com o seu trabalho. Para tal, está prevista a realização de duas tarefas grupais e dois testes.*

*O estudante deverá demonstrar, no final do semestre, que adquiriu um mínimo de competências para poder ser admitido a exame. Também é possível que fique dispensado de exame, se demonstrou à equipa docente ter adquirido as competências julgadas suficientes e necessárias.*

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

*In order to achieve the goals of the course, and as this is a first year course, it is important to gradually present the concepts to the students. So, each class (TP), which is a combination of a lecture and a practical class, is planned not only for the presentation of theoretical concepts of the syllabus by the teacher, but also to enhance task solving activities by the students under the supervision of the teacher. In this way, the acquisition of the sufficient and necessary skills for the student to pass the course is intended.*

*The teaching-learning methodology is student-centered, and, during the semester, students are expected to autonomously acquire and apply the concepts. Thus, continuous assessment is particularly relevant to allow the student, throughout the semester, to show the skills acquired with his work in the different stages. To do so, two group tasks and two written tests are scheduled.*

*At the end of the semester, minimum skills, whose acquisition must be demonstrated by the student, are required for the exam. In addition, the student does not have to take the exam if he shows the acquisition of the necessary and sufficient skills to the teaching team.*

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

1. Cabello J (2006). *Álgebra lineal: sus aplicaciones en economía, ingenierías y otras ciencias*. Madrid: Delta
2. Cabral I, Perdigão C & Saiago C (2009). *Álgebra linear: teoria, exercícios resolvidos e exercícios propostos com soluções*. Lisboa: Escolar



3. Lay D C (2007). *Álgebra linear e as suas aplicações*. Rio de Janeiro: LTC
4. Magalhães L T (2001). *Álgebra linear como introdução à matemática aplicada*. Lisboa: Escolar
5. Strang G (1976). *Linear Algebra and Its Applications*. New York: Academic
6. Rousseau C & Saint-Aubin Y (2008). *Mathematics and technology*. New York: Springer

#### Mapa IV - Física Geral I

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

*Física Geral I*

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

*General Physics I*

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

F

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

60TP

##### 4.4.1.6. ECTS:

6

##### 4.4.1.7. Observações:

-

##### 4.4.1.7. Observations:

-

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

*Manuel Fernando Ferreira da Silva, 60 h*

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

-

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

*É objetivo da Unidade Curricular a aquisição de conhecimentos teóricos e práticos de Física, tendo em vista aplicações da mecânica clássica em diversas áreas científicas e tecnológicas afins.*

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

*The objective of this course is the acquisition of theoretical and practical knowledge of Physics, in view of applications of classical mechanics in various related scientific and technological areas.*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Cinemática.*

*Leis de Newton. Trabalho. Energia potencial. Conservação da energia mecânica.*

*Centro de massa. Colisões.*

*Momento de uma força e momento de inércia. Momento angular.*

*Gravidade. Equilíbrio estático e elasticidade. Tensão e deformação.*

*Fluidos. Pressão num fluido. Impulsão e princípio de Arquimedes. Hidrostática. Equação de Bernoulli. Escoamento viscoso.*

*Oscilações. Ondas transversais e ondas longitudinais. Sobreposição de ondas e ondas estacionárias.*

##### 4.4.5. Syllabus:

*Kinematics.*

*Newton's laws. Work. Potential energy. Conservation of mechanical energy.*

*Center of mass. Collisions.*

*Moment of a force and moment of inertia. Angular momentum.*

*Gravity. Static equilibrium and elasticity. Stress and strain.  
Fluids. A fluid pressure. Impulse and Archimedes' principle. Hydrostatics. Bernoulli equation. Viscous flow.  
Oscillations. Transverse waves and longitudinal waves. Wave superposition and standing waves.*

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

*Concluído o curso, o aluno apreendeu as noções básicas de Física na área da Mecânica.  
O aluno deverá ser capaz de resolver problemas de cinemática, dinâmica e estática relacionados e transferir esses conhecimentos para novos contextos.*

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

*After completing the course, the student learned the basic notions of physics in the area of mechanics.  
The student should be able to solve related kinematics, dynamics and static problems and transfer this knowledge to new contexts.*

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

*O ensino da disciplina é feito em aulas teórico-práticas, que incluem teoria e resolução de problemas. Aos alunos é proposta a resolução de problemas em casa (trabalhos de casa). A unidade curricular tem a duração de um semestre letivo, envolvendo 60 h de contacto com o docente, 100 h de trabalho autónomo e 8 h para avaliação (total: 168 h).*

*A avaliação é realizada em duas fases:*

*Avaliação contínua: 2 testes teórico-práticos ao longo do semestre letivo;*

*Exame final (com parte teórica e parte prática) para os alunos admitidos.*

*A classificação de ensino-aprendizagem consiste em:*

*2 testes escritos com 100% da nota final de frequência.*

*A assiduidade será controlada. Os alunos deverão frequentar pelo menos 70% das aulas.*

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

*The teaching of the discipline is done in mixed sessions (lectures and problema solving). The Students is proposed to solve problems at home (homework). The course lasts one semester, involving 60 hours of contact with the teacher, 100 hours of autonomous work and 8 hours for evaluation (total 168 hours).*

*The evaluation is carried out in two phases:*

*Continuous assessment: two theoretical and practical tests throughout the semester;*

*Final exam (with theoretical and practical part) for admitted students;*

*The final classification consists of: 2 written tests that correspond to 100% of the final classification;*

*Attendance will be monitored. Students must attend at least 70% of classes.*

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

*Na sequência da participação nas aulas da disciplina e do posterior estudo, os alunos deverão ser capazes de resolver problemas envolvendo Mecânica, Elasticidade, Fluidos e Ondas em questões com diferentes aplicações científicas e tecnológicas.*

*O aluno deverá, ainda, ser capaz de aplicar de forma criativa e inovadora os conceitos aprendidos na elaboração de experiências e projetos de interesse científico e/ou pedagógico.*

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

*After completion of the course unit, the students should be able to solve problems involving Mechanics, Elasticity, Fluids and Waves in issues with different scientific and technological applications.*

*The student should also be able to apply creatively and innovatively the concepts learned in the elaboration of experiments and projects of scientific and / or pedagogical interest.*

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

*1. Tipler P e Mosca G (2009). Física para Cientistas e Engenheiros, 6.ª ed., volume 1. Rio de Janeiro: LTC, Livros Técnicos e Científicos Editores SA*

*2. Cromer A (1980). Physics in Science and Industry. New York: McGraw-Hill*

**Mapa IV - Programação**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Programação*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Programming*

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

*I*

**4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***30T+30PL***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***-***4.4.1.7. Observations:***-***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Abel João Padrão Gomes, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***-***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Os objetivos de aprendizagem são:*

- *Perceber os fundamentos de programação para resolver problemas de natureza computacional usando computadores;*
- *Perceber como abstrair um problema concreto para a sua devida especificação/modelação e implementação na forma de um programa de computador ;*
- *Introduzir os conceitos básicos de programação imperativa;*
- *Desenvolver capacidades de programação com recurso à linguagem C;*
- *Perceber e saber como corretamente integrar uma solução programática com as contingências arquitetónicas de um computador (e.g. aritmética de computador, gestão dinâmica do recurso memória);*
- *Aprendizagem das técnicas básicas de desenho e estruturação de algoritmos e programas;*

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

- *Understand the fundamentals of programming to solve computational problems using computers;*
- *Understand how to abstract a concrete problem for its proper specification / modeling and implementation in the form of a computer program;*
- *Introduce the basic concepts of imperative programming;*
- *Develop programming skills using the C language;*
- *Realize and know how to properly integrate a programmatic solution with the architectural contingencies of a computer (e.g., computer arithmetic, dynamic memory resource management);*
- *Learning the basic techniques of designing and structuring algorithms and programs;*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- *Fundamentos de computadores (hardware/software)*
- *Conceção de algoritmos e programação estruturada*
- *Introdução à programação em C*
- *Tipos de dados simples*
- *Testes, condições e ciclos*
- *Arrays, strings e apontadores*
- *Funções/subprogramas, passagem de parâmetros e recursividade*
- *Tipo de dados estruturados*
- *Ficheiros*
- *Aritmética de computador*
- *Gestão de memória dinâmica, aritmética de apontadores*
- *Técnicas básicas de otimização de código C*

**4.4.5. Syllabus:**

- *Fundamentals of computers (hardware/software)*
- *Algorithm design and structured programming*
- *Introduction to the C programming language*
- *Simple data types*

- Tests (decisions), conditions, and loops (repetitions)
- Arrays, strings and pointers
- Functions/subprograms, parameter passing modes, and recursion
- Structures ("structs")
- Files
- Computer arithmetic
- Dynamic memory management, pointer arithmetic
- Basic techniques for C code optimization

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

*Os conteúdos programáticos enquadram-se nos objetivos definidos para a UC na medida em que incluem os conceitos base da programação imperativa e estruturada, bem como as estruturas e os mecanismos necessários para resolver problemas com recurso a uma linguagem de programação.*

*Para além disso, é incluída nos conteúdos programáticos a aprendizagem da linguagem C, tal como é descrito nos objetivos da UC.*

*Por outro lado, as aulas práticas permitem aplicar os conceitos e conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas e, sobretudo, desenvolver a capacidade de resolver problemas computacionais com recurso a uma linguagem de programação.*

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

*The syllabus is coherent with the objectives defined for the course since it includes the basic concepts of structured and procedural programming as well as the mechanisms and structures needed to solve problems using a programming language.*

*Furthermore, the syllabus also include the C programming language as described in the CU objectives.*

*Additionally, the practical lectures enable the application of the concepts and knowledge acquired in the theoretical lectures and, more important, the development of the ability to solve problems using a programming language.*

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

*Metodologias de ensino:*

- Aulas Teóricas;
- Aulas Práticas - laboratórios de programação;
- Projeto de programação em grupo.

*Métodos e Critérios de Avaliação:*

- Avaliação de conhecimentos (AC) 16 valores (2 testes, 7 e 9 valores, respetivamente);
- Projeto de programação em grupo (P) 4 valores.

*Classificação Final CF = AC + P*

*Admissão ao exame final:*

1. AC + P:  $\geq 6$
2. P:  $\geq 2$

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

*Teaching methods:*

- Lectures;
- Laboratory lessons based on programming exercises;
- Programming project.

*Assessment methods and criteria:*

- Evaluation of knowledge (EK) 16 marks (two tests, 7 and 9 marks, respectively);
- Programming project (P) (4 marks).

*The final mark is FM = EK + P*

*Admission to the final exam:*

1. EK + P:  $\geq 6$
2. P:  $\geq 2$

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

*As metodologias de ensino adotadas permitem não só incutir os conceitos teóricos, mas também desenvolver a capacidade de resolver problemas com recurso a uma linguagem de programação. Os principais conteúdos teóricos são expostos, explicados, e discutidos nas aulas teóricas, onde o aluno pode compreender os conceitos e mecanismos da programação estruturada.*

*Por outro lado, os laboratórios práticos, compostos sobretudo por exercícios de programação em linguagem C, permitem ao aluno experienciar e aplicar o conhecimento teórico obtido nas aulas teóricas.*

*Os exercícios de programação ajudam o aluno a desenvolver a capacidade de resolver problemas com recurso a uma linguagem de programação e consolidam a aprendizagem da linguagem C.*

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

*The teaching methods used in the course enable not only the learning of theoretical concepts, but also the development of the ability to solve problems using a programming language. The main theoretical contents are exposed, explained and discussed in theoretical lectures, where students can understand the concepts and mechanisms of structured programming.*

*Moreover, the laboratory lectures, composed mainly of programming exercises in the C programming language, allow the student to experience and apply the theoretical knowledge obtained in the theoretical lectures.*

*The programming exercises help the student to develop the ability to solve problems using a programming language and to consolidate the learning of the programming language C.*

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

1. *Pedro Guerreiro (2006). Elementos de Programação com C, 3.ª edição atualizada e aumentada. FCA - Editora de Informática*
2. *Roland Backhouse (2011). Algorithmic Problem Solving. Wiley*
3. *B.W. Kernighan & D.M. Ritchie (1988). The C Programming Language. Prentice Hall*
4. *Marques de Sá (2004). Fundamentos de Programação usando C. FCA - Editora de Informática*
5. *K.N. King (2008). C Programming: A Modern Approach. Norton*
6. *A. M. A. da Rocha (2006). Introdução à Programação Usando C. FCA - Editora de Informática*
7. *Wikibook, C Programming: A comprehensive look at the C programming language and its features ([http://en.wikibooks.org/wiki/C\\_language](http://en.wikibooks.org/wiki/C_language))*

#### Mapa IV - Química I

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

*Química I*

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

*Chemistry I*

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

*Q*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*30T+30PL*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*-*

##### 4.4.1.7. Observations:

*-*

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

*Maria de Lurdes Franco Ciríaco, 60 h*

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

*-*

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

*Esta Unidade Curricular tem como objetivo fazer uma introdução ao estudo da Química Geral.*

*Pretende-se que o estudante apreenda, desenvolva e aplique conhecimentos fundamentais em Química Geral, designadamente:*

- *Utilizar a tabela periódica como ferramenta na compreensão da química dos elementos*
- *Compreender as teorias da ligação química e determinar a geometria das moléculas*
- *Relacionar as propriedades físicas das substâncias com as forças intermoleculares*
- *Resolver problemas de gases, com ênfase para a utilização da lei de gases ideais e a lei de Dalton*
- *Classificar os sólidos consoante a ligação química e a sua estrutura cristalina*
- *Utilizar e aplicar a teoria do campo cristalino para prever a estrutura e as propriedades dos complexos de metais de transição*
- *Conhecer e aplicar conceitos básicos de termodinâmica*
- *Compreender e aplicar os conceitos fundamentais de cinética química*

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

*This Course aims to give an introduction to the study of general chemistry.*

*It is intended that the student perceives, develop and apply fundamental knowledge in general chemistry, namely:*

- *Use the Periodic Table as a tool in understanding the chemistry of the elements*
- *Understanding the theories of chemical bonding and determine the geometry of the molecules*
- *Relate the physical properties of substances with intermolecular forces*
- *Solve problems with gases, with emphasis on the use of the ideal gas law and Dalton's law*
- *Classify solids according to the chemical bond and its crystal structure*
- *Use the crystal field theory to predict the structure and properties of transition metal complexes*
- *Understand the laws of thermodynamics and its application in chemistry*
- *Knowing and applying the fundamental concepts of chemical kinetics*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- *Propriedades dos elementos da Tabela Periódica*

- *Ligação química*

*Ligação iónica. Energia de rede*

*Ligação covalente. Conceito de ressonância*

*Teorias da ligação química: VBT, VSEPR, MOT*

*Propriedades físicas das substâncias e forças intermoleculares*

- *Gases*

*Leis dos Gases e Equação dos Gases ideais*

*Teoria cinética molecular*

*Equação de van der Waals*

- *Sólidos*

*Tipos de sólidos Amorfo e Cristalinos*

*Sólidos Iónicos, Covalentes, Metálicos e Moleculares*

*Estruturas e Redes. Empacotamento*

*Determinação da massa volúmica de um sólido*

- *Compostos de coordenação*

*Propriedades dos metais de transição*

*Série espectroquímica de ligandos*

*Teoria do campo cristalino. Ligações nos compostos de coordenação*

- *Termoquímica*

*1.ª, 2.ª e 3.ª leis da termodinâmica*

*Calorimetria*

*Calores de solução e diluição. Ciclo de Born-Haber*

- *Cinética Química*

*Lei de velocidade*

*Relação entre concentração e tempo para reações de 1.ª, 2.ª e 3.ª ordem*

*Equação de Arrhenius*

*Mecanismos reacionais*

**4.4.5. Syllabus:**

- *Properties of the periodic table elements*

- *Chemical bonds*

*Ionic bond. Lattice energy*

*Covalent bond. Resonance concept*

*Bond theories: VBT, VSEPR, MOT*

*Physical properties of substances and intermolecular forces*

- *Gases*

*Gas laws and ideal gas equation*

*Kinetic molecular theory*

*van der Waals equation*

- *Solids*

*Types of solids Amorphous and Crystalline*

*Solids Ionic, Covalent, Metallic and Molecular*

*Structures and lattices. Packing*

*Determination of the theoretical density of a solid*

- *Coordination compounds*

*Properties of transition metals*

*Spectrochemical series*

*Crystal field theory. Bonds of Coordination compounds*

- *Thermochemistry*

*1st, 2nd and 3rd laws of thermodynamics*

*Calorimetry*

*Solution and Dilution Heats. Born-Haber cycle*

- *Chemical Kinetics*

*Kinetics law*

*Relations between concentration and time for reactions of 1st, 2nd and 3rd order*

*Arrhenius equation*

*Mechanisms reaction*

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

*Usar a TP. Identificar ligações químicas. Aplicar as teorias da ligação TLV, TRPECV, TOM. Relacionar propriedades físicas com forças intermoleculares. Aplicar as leis dos gases. Distinguir gases ideais e reais. Aplicar a Lei de Dalton. Distinguir sólidos iónicos, covalentes, metálicos e moleculares. Identificar estruturas e redes cristalinas. Determinar a massa volúmica de um sólido. Identificar compostos de coordenação. Aplicar a TCC. Prever as propriedades dos compostos de coordenação. Avaliar a energia interna de um sistema. Reconhecer as propriedades termodinâmicas. Aplicar as leis da termodinâmica. Conhecer os princípios básicos da calorimetria. Aplicar a Lei de Hess e o ciclo de Born-Haber. Calcular a velocidade de uma reação e identificar os fatores de que depende. Estabelecer a lei de velocidade para reações. Determinar a constante de velocidade e tempo de meia vida. Aplicar a lei de Arrhenius. Prever mecanismos reacionais. Conhecer conceitos básicos de catálise*

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

*Use the PT. Identify chemical bonds. Apply the theories of chemical bonding TLV, TRPECV, TOM. Relate the physical properties of substances with intermolecular forces. Apply gas laws. Distinguish real and ideal gases. Apply the Dalton Law. Distinguish ionic, covalent, metallic and molecular solids. Identify crystal structures and networks. Determine the density of a solid. Identify a coordination compound. Apply the CFT. Predict the properties of coordination compounds. Evaluate the internal energy of a system. Recognize the thermodynamic properties. Apply the laws of thermodynamics. Know the basic principles of calorimetry. Apply Hess Law and Born-Haber cycle. Calculate the rate of a reaction and identify the factors that depend. Establish the rate law for reactions. Determine the rate constant and half-life. Apply the Arrhenius law. Predict reaction mechanisms. Know basic concepts of catalysis*

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

*A transmissão dos conteúdos programáticos é fundamentalmente de caráter expositivo, embora também haja lugar para a Interrogação / Explicação. O uso de audiovisuais para apresentação dos conteúdos facilita a compreensão e aprendizagem dos mesmos; para este fim é usada a plataforma de e-Learning Moodle.*

*O estudante terá uma aprendizagem ativa com execução de trabalhos individuais e em grupo, nomeadamente TPC, exercícios, experiências laboratoriais. Estas atividades estão em consonância com os módulos da unidade curricular e permitem ao aluno responsabilizar-se e socializar-se.*

*A avaliação de conhecimentos é feita através de dois testes individuais 65%.*

*A avaliação da capacidade de execução é feita através do desempenho laboratorial 30%.*

*A avaliação da atitude do aluno para expor os seus pontos de vista e a sua capacidade de análise é feita de forma contínua 5%.*

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

*The broadcast of the syllabus is fundamentally expository. However there will be place for the Questioning / Explaining. The use of audio visual techniques helps on teaching and student comprehension. For this purpose is used Moodle e-learning platform*

*The student has an active learning by performing individual and group work, including homework, exercises and laboratory skills. These activities are in agreement with the modules contents of the course and allow students to be responsible and sociable.*

*The knowledge assessment is made by two individual tests 65%.*

*The ability assessment is made through skills laboratory performance 30%.*

*The evaluation of the attitude of students to express their points of view and its capacity for analysis is done continuously 5%.*

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

*O principal objetivo desta unidade curricular é fazer com que os alunos desenvolvam conhecimentos fundamentais em Química, nomeadamente o conhecimento da Tabela Periódica, Ligações Químicas, Gases, Química dos sólidos, Química de Coordenação, Termodinâmica Química e Cinética Química.*

*Para atingir o objetivo proposto, a transmissão dos conteúdos programáticos é feita essencialmente através de exposição oral, acompanhada do uso de métodos audiovisuais, para que os alunos possam compreender mais facilmente o significado dos temas que pretendem conhecer.*

*Para que os alunos se familiarizem com aquelas áreas da Química, nomeadamente Termodinâmica Química, Cinética Química e Química de Coordenação, é necessário que realizem, individualmente ou em grupo, trabalhos experimentais, no laboratório, onde é possível visualizar o resultado de diversas reações químicas que ilustrem os conceitos aprendidos de forma verbal ou escrita. Assim, com o trabalho de termodinâmica o aluno determina experimentalmente a entalpia de uma reação a pressão constante. Com o trabalho de cinética o aluno determina velocidades de reações, ordem e constante cinética. Com o trabalho de química de coordenação o aluno familiariza-se com os conceitos de ligando e série espetroquímica realizando o ciclo de complexos do cobre (II).*

*Por outro lado, considera-se fundamental a resolução de exercícios sobre todos os domínios contemplados no objetivo proposto, nomeadamente Tabela Periódica, Ligações Químicas, Gases, Química dos Sólidos, Química de Coordenação, Termodinâmica Química e Cinética Química, para que os alunos adquiram capacidade para analisar e solucionar problemas aplicando os conceitos teóricos adquiridos.*

*A avaliação é feita através de uma prova individual, no final de cada módulo, para verificar se os conceitos fundamentais foram devidamente apreendidos. Além disso, o trabalho em grupo é também valorizado através da elaboração de relatórios dos trabalhos práticos. O comportamento de cada aluno, em relação à sua aprendizagem, em geral, é avaliado de forma contínua.*

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

*The main objective of this course is to make students develop fundamental knowledge in chemistry, such as comprehension of the Periodic Table, Chemical Bonds, Gases, Chemistry of Solids, Coordination Chemistry, Chemical Thermodynamics and Chemical Kinetics.*

*To achieve the proposed objective, the transmission of the syllabus is made mainly through oral presentation, accompanied by the use of audiovisual methods, so that students can more easily understand the meaning of the subjects they wish to learn.*

*For students to become familiar with those areas of chemistry, in particular Chemical Thermodynamics, Chemical Kinetics and Chemistry of Coordination, it is necessary to perform, individually or in groups, experimental works in the laboratory, where they can view the result of several chemical reactions illustrating the concepts learnt by verbal or written form. So with the thermodynamic work the student determines experimentally the enthalpy of a reaction at constant pressure. With the kinetic work the student determines rate, order and rate constant of a reaction. With the coordination chemistry work the student becomes familiar with the concepts of ligand and strong and weak-field ligands applied to the complex cycle of copper (II)*

*Moreover, it is essential giving exercises in all areas covered the objective, namely the Periodic Table, Chemical Bonds, Gases, Chemistry of Solids, Coordination Chemistry, Chemical Thermodynamics and Chemical Kinetics for students to acquire capacity to analyze and solve problems by applying the theoretical concepts acquired.*

*The evaluation is done by means of an individual test at the end of each module, to check whether the fundamental concepts were duly seized. In addition, the work done by groups of students is also assessed by reports of the practical work. The behaviour of the students, in relation to their learning, in general, is evaluated ongoing basis.*

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

1. Atkins PW & Beran JA (1992). *General Chemistry, 2nd edition*. New York: Freeman
2. Chang R (2005). *Química, 8.ª edição*. Lisboa: McGraw-Hill

#### Mapa IV - Cálculo II

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

*Cálculo II*

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

*Calculus II*

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

*M*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*60TP*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*-*

##### 4.4.1.7. Observations:

*-*

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

*César Augusto Teixeira Marques da Silva*

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

*-*

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

- Apreender e relacionar conceitos e resultados básicos sobre limites, continuidade e derivadas de funções de várias variáveis reais*
- Apreender e relacionar conceitos e resultados básicos sobre integrais múltiplos, integrais de linha e integrais de superfície*



- Formular e resolver problemas recorrendo aos conceitos e resultados estudados
- Comunicar, escrita e oralmente, utilizando linguagem matemática

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

- Understand and relate concepts and basic results about limits, continuity and derivatives of functions of several real variables
- Understand and relate concepts and basic results about multiple integrals, line integrals and surface integrals
- Formulate and solve problems using the concepts and results studied
- Communicate, written and orally, using mathematical language

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1 Funções de  $R^n$  em  $R^m$ 
  - 1.1 Breves noções de topologia em  $R^n$
  - 1.2 Domínio, curva de nível e gráfico
  - 1.3 Limites e Continuidade
- 2 Cálculo diferencial em  $R^n$ 
  - 2.1 Derivadas direcionais e Derivadas parciais
  - 2.2 Diferenciabilidade, plano tangente, aproximação linear
  - 2.3 Derivada da função composta; Teorema da função implícita
  - 2.4 Derivadas de ordem superior; Teorema de Schwarz
  - 2.5 Extremos locais. Extremos condicionados
- 3 Cálculo Integral em  $R^n$ 
  - 3.1 Integral de Riemann: definição e propriedades
  - 3.2 Integrais duplos e triplos
  - 3.3 Mudança de coordenadas
  - 3.4 Aplicações ao cálculo de áreas e volumes
- 4 Integrais de Linha
  - 4.1 Parametização de curvas no plano
  - 4.2 Integrais de linha de campos escalares
  - 4.3 Integrais de linha de campos vectoriais
  - 4.4 Teorema fundamental dos Integrais de linha
  - 4.5 Teorema de Green no plano
- 5 Integrais de Superfície
  - 5.1 Rotacional e divergência
  - 5.2 Parametização de superfícies
  - 5.3 Integrais de superfície
  - 5.4 Teorema de Stokes

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1 Functions from  $R^n$  to  $R^m$ 
  - 1.1 Notions of topology in  $R^n$
  - 1.2 Domains, level curves and graphs
  - 1.3 Limits and Continuity
- 2 Differential calculus in  $R^n$ 
  - 2.1 Directional and partial derivatives
  - 2.2 Differentiability, tangent plane, linear approximation
  - 2.3 Chain rule; Implicit function theorem
  - 2.4 Higher order derivatives; Schwarz's theorem
  - 2.5 Local extremes. Conditioned extremes
- 3 Integral calculus in  $R^n$ 
  - 3.1 Riemann integral: definition and properties
  - 3.2 Double and triple integrals
  - 3.3 Change of Coordinates
  - 3.4 Application to the computation of areas and volumes
- 4 Line integrals
  - 4.1 Parametrization of curves in the plane
  - 4.2 Line integrals of scalar fields
  - 4.3 Line integrals of vector fields
  - 4.4 Fundamental theorem of line integrals
  - 4.5 Green's theorem in the plane
- 5 Surface integrals
  - 5.1 Rotational and divergence
  - 5.2 Surface parametrization
  - 5.3 Surface integrals
  - 5.4 Stokes Theorem

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

Nos capítulos 1 e 2 são apresentados conceitos e resultados fundamentais sobre limites, continuidade e derivadas de funções de várias variáveis reais. Nos capítulos 3 a 5 são apresentados conceitos e resultados fundamentais sobre integrais múltiplos, integrais de linha e integrais de superfície. Ao longo do curso serão apresentados e discutidos exemplos de aplicação dos resultados obtidos. Também nos exercícios a resolver pelos alunos serão apresentados

*exemplos de aplicação dos resultados. Na interação com o professor será promovido o aperfeiçoamento da utilização, escrita e oral, da linguagem matemática.*

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

*Chapters 1 and 2 present concepts and fundamental results about limits, continuity, and derivatives of functions of several real variables. Chapters 3 through 5 present fundamental concepts and results about multiple integrals, line integrals, and surface integrals. Throughout the course will be presented and discussed examples of application of the results obtained. Also the exercises to be solved by the students will include examples of application of the results. In the interaction with the teacher will be improved the written and oral use of mathematical language.*

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

*As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, motiva e enuncia os resultados e ilustra a teoria com exemplos e aplicações. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios. É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios. A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas, cada uma cotada para 10 valores. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.*

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

*Classes will be theoretical and practical. The teacher presents the concepts, motivates and states the results and illustrates the theory with examples and applications. The student is encouraged to participate in the class, interacting with the teacher and sometimes solving exercises. Autonomous work is also encouraged, consisting mostly of exercises. The assessment carried out over the teaching-learning period will consist of two written tests, each quoted for 10 points. The student may also take a final exam quoted for 20 points.*

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

*As aulas teórico-práticas permitem aos alunos a assimilação dos conceitos e resultados e, em simultâneo, o contacto com exemplos de aplicação dos mesmos. O incentivo à participação dos alunos nas aulas contribuirá para aumentar as suas capacidades de analisar e compreender os resultados e recorrer aos resultados para resolver problemas. O estímulo ao trabalho autónomo, o qual deverá fazer surgir questões a abordar nas sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de formular e resolver problemas, bem como da capacidade de utilizar a linguagem matemática.*

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

*Theoretical-practical classes allow students to assimilate the concepts and results and, at the same time, contact with examples of their application. Encouraging students to participate in class will help increase their ability to analyze and understand results and use results to solve problems. Encouraging autonomous work, which should raise issues to be addressed in attendance sessions, will help develop the ability to formulate and solve problems as well as the ability to use mathematical language.*

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

1. Apostol TM (1968). *Calculus, volume II*. John Wiley & Sons
2. Lang S (1987). *Calculus of Several Variables, 3rd ed*. Springer-Verlag
3. Stewart J (2010). *Cálculo, volumes I e II, tradução da 6.ª edição norte-americana*. Cengage Learning
4. Swokowski EW (1983). *Cálculo com Geometria Analítica, volume 2*. McGraw-Hill

### **Mapa IV - Física Geral II**

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

*Física Geral II*

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

*General Physics II*

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

*F*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

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

*168*

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

*60TP*

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

-

**4.4.1.7. Observations:**

-

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Paulo Torrão Fiadeiro, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

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

*Introdução aos fenómenos elétricos e magnéticos. Compreensão dos fundamentos da eletricidade e do magnetismo. No final desta UC o aluno deve ser capaz de aplicar os conhecimentos adquiridos na resolução de problemas típicos e em situações reais na sua área de conhecimento, bem como equacionar matematicamente problemas que envolvam interações elétricas e magnéticas, combinando os conhecimentos adquiridos com conteúdos das disciplinas de Matemática.*

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

*Introduction to electrical and magnetic phenomena. Understanding of the fundamentals of electricity and magnetism. At the end of this CU the student must be able to apply the knowledge acquired in solving typical problems and in real situations in his area of knowledge, as well as mathematically equating problems involving electrical and magnetic interactions, combining the knowledge acquired with contents of the mathematics disciplines.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Ações e forças elétricas  
Campos elétricos  
Potencial elétrico e energia potencial elétrica  
Corrente elétrica. Circuitos básicos  
Campos magnéticos  
Força magnética e aplicações  
Fontes de campo magnético  
Indução eletromagnética e aplicações  
Introdução às equações de Maxwell e às ondas eletromagnéticas*

**4.4.5. Syllabus:**

*Electric force  
Electric field  
Electric potential and electric potential energy  
Electric current. Simple electric circuits  
Magnetic fields  
Magnetic force and applications  
Sources of magnetic field  
Electromagnetic induction and applications  
Introduction to Maxwell equations andn electromagnetic waves*

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

*A unidade curricular é clássica nas áreas das ciências e engenharias, estando o programa largamente testado e garantindo portanto a coerência entre os conteúdos e os objetivos. Adota-se uma abordagem integrada do conteúdo programático, que permitirá aos alunos adquirirem os conhecimentos e desenvolverem as competências previstas.*

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

*It is a classical course in science and engineering fields. The syllabus and its coherence with the course objectives is, therefore, widely tested. An integrated approach to the subjects is adopted.*

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

*Aulas teóricas e de resolução de exercícios, incluindo vídeos de demonstração. A avaliação é feita por meio de dois testes, e um trabalho escrito opcional.*

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

*Theoretical and problem solving classes, including videos of classical experiments. The assessment is made by means of two tests, and an optional written assignment.*

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

*Trata-se de uma unidade curricular que é clássica nas áreas das ciências e engenharias, estando as metodologias perfeitamente estabelecidas e amplamente testadas. O desenvolvimento de conhecimentos é efetuado por via de exposições teóricas, resolução de exercícios e discussão de exemplos, permitindo a aplicação do conhecimento adquirido bem como a consolidação das competências aprendidas.*

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

*It is a classical course in science and engineering fields, with well established and widely tested methodologies. The acquired knowledge is readily applied, allowing a swift consolidation of new knowledge and skills.*

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

- 1 Serway RA e Jewett Jr JW (2012). *Física para cientistas e engenheiros, volume 3 - Eletricidade e magnetismo*, 8.<sup>a</sup> edição. Brasil: Cengage Learning
- 2 Tipler PA e Mosca G (2019). *Física para cientistas e engenheiros, volume 2 - Eletricidade e magnetismo, óptica*, 6.<sup>a</sup> edição. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora
- 3 Halliday D, Resnick R e Krane, KS (2003). *Física 3*, 5.<sup>a</sup> edição. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora

**Mapa IV - Física Laboratorial I**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física Laboratorial I*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Laboratory Physics I*

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

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*30TP+30PL*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*-*

**4.4.1.7. Observations:**

*-*

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

*Sandra da Costa Henriques Soares, 60 h*

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

*-*

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

*Esta UC tem como objetivo promover o desenvolvimento de competências para o ensino experimental da Física, transmitir a importância da realização de atividades experimentais com rigor e proceder ao tratamento estatístico dos resultados.*

*A ênfase na compreensão conceptual, aliada à verificação experimental, é fundamental para a motivação dos estudantes no domínio das ciências, daí a importância de se aplicarem na prática os conhecimentos teóricos.*

*No final da UC os estudantes deverão estar aptos a:*

1. *Planificar e executar um conjunto de experiências distribuídas por várias unidades temáticas da Física;*
2. *Utilizar a Teoria de Erros para avaliar e discutir os resultados das experiências realizadas;*
3. *Recorrer às bases de dados para pesquisar artigos científicos relacionados com os temas a desenvolver;*
4. *Analisar criticamente o trabalho desenvolvido com base na bibliografia existente.*

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

*This course aims to promote the development of competences for the experimental teaching of physics, to convey the importance of conducting experimental activities rigorously and to perform the statistical treatment of the results. The emphasis on conceptual understanding, leveraged by experimental verification, is fundamental to the motivation of students in the field of science, hence the importance of applying theoretical knowledge in practice.*

*At the end of the course students should be able to:*

1. *Plan and execute a set of experiments distributed among several thematic units of Physics;*
2. *Use error theory to evaluate and discuss the results of the experiments performed;*
3. *Use databases to search scientific articles related to the topics to be developed;*
4. *Critically analyze the work developed based on the existing bibliography.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Devem ser demonstrados conhecimentos e competências em:*

*Aulas Teórico-Práticas:*

- (1) *O método científico*
- (2) *Incerteza experimental e análise de dados*
- (3) *Propagação de erros*
- (4) *Métodos estatísticos*
- (5) *Introdução à instrumentação*
- (6) *Experiências famosas em Física*

*Aulas Práticas de Laboratório:*

- (1) *Pêndulo simples*
- (2) *Medição da aceleração gravítica*
- (3) *Mesa de forças*
- (4) *Atrito*
- (5) *Movimento de projéteis*
- (6) *Trabalho e energia*
- (7) *Energia potencial de uma mola*
- (8) *Princípio de Arquimedes*
- (9) *Movimento harmónico simples*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Knowledge and skills must be demonstrated in:*

*Theoretical-practical classes:*

- (1) *The scientific method*
- (2) *Experimental uncertainty and data analysis*
- (3) *Error propagation*
- (4) *Statistical methods*
- (5) *Introduction to instrumentation*
- (6) *Famous experiments in physics*

*Laboratory practical classes:*

- (1) *Simple pendulum*
- (2) *Gravitational acceleration measurement*
- (3) *Force table*
- (4) *Friction*
- (5) *Projectile motion*
- (6) *Work and energy*
- (7) *Spring potential energy*
- (8) *Archimedes principle*
- (9) *Simple harmonic motion*

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

*O programa da unidade curricular permite adquirir as metodologias necessárias à realização de diversas experiências em áreas da Física. As experiências propostas não só consolidam os conhecimentos adquiridos noutras unidades curriculares, como Física Geral I, como permitem ainda testar a aprendizagem das metodologias de aquisição e tratamento de dados, análise crítica de resultados e rigorosa apresentação e discussão dos mesmos.*

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

*The syllabus of the curricular unit allows to acquire the methodologies necessary for the accomplishment of several experiments in Physics areas. The proposed experiments not only consolidate the knowledge acquired in other curricular units, such as General Physics I, but also allow to test the learning of data acquisition and processing methodologies, critical analysis of results and their rigorous presentation and discussion.*

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

*Os conteúdos teóricos da unidade curricular serão explorados principalmente através da realização de atividades práticas (aulas laboratoriais) apoiadas por uma metodologia expositiva. As aulas práticas de laboratório, além de equipamento didático tradicional, recorrerão também à utilização de modernos equipamentos didáticos informatizados. Para cada experiência realizada, os alunos deverão aplicar as competências adquiridas através da elaboração e discussão de um relatório. Uma vez que esta unidade curricular é eminentemente de índole prática, a avaliação será efetuada principalmente pela prestação e trabalhos dos alunos, com um peso na classificação final de 70 %, e por uma prova escrita, com um peso na classificação final de 30 %.*

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

*The theoretical contents of the course will be explored mainly through the realization of practical activities (laboratory classes) supported by an expository methodology. The laboratory practical classes, in addition to traditional didactic equipment, will also resort to the use of modern computerized didactic equipment. For each experiment, students should apply the skills acquired through the preparation and discussion of a report. Since this course is eminently practical, the evaluation will be made mainly by the students' performance and work, with a final grade weight of 70%, and a written test, with a final grade weight of 30%.*

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

*Trata-se de uma unidade curricular de cariz eminentemente prático, sendo as metodologias de ensino concordantes com a natureza do programa. O desenvolvimento de conhecimentos é efetuado por via de exposições teóricas, demonstrações de experiências e realização de trabalhos experimentais em laboratório, fomentando o espírito crítico, a aplicação do método científico e a criatividade.*

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

*It is an eminently practical curricular unit. According to the nature of the program, the learning process is carried out via lectures, demonstrations of experiments and experimental work in the laboratory, fostering critical thinking, the application of the scientific method and creativity.*

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

- 1 Abreu MC, Matias L e Peralta LP (1994). *Física experimental – uma introdução*. Lisboa: Editorial Presença
- 2 Bevington PR and Robinson DK (2002). *Data reduction and error analysis for physical sciences*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill
- 3 Wilson JD and Hernández-Hall C (2014). *Physics laboratory experiments*, 8th ed. Cengage Learning

### **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:**

*F*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

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

*168*

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

*60TP*

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

*6*

#### **4.4.1.7. Observações:**

*-*

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

*-*

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

*Paulo André de Paiva Parada, 60 h*

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

-

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

*Compreensão dos aspetos elementares da teoria da relatividade restrita e dos fundamentos da teoria da relatividade geral.*

*Familiarização com os tópicos que estiveram na origem da teoria quântica.*

*Incremento da cultura geral científica.*

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

*Understanding of the elementary aspects of constrained relativity theory and the foundations of general relativity theory.*

*Familiarization with the topics that led to the quantum theory.*

*Increase of the scientific general culture.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### 1. Teoria da Relatividade Restrita

*Ondas eletromagnéticas e éter lumífero, experiência de Michelson-Morley. Princípios da Teoria da Relatividade Restrita. Simultaneidade, contração espacial e dilatação temporal. Transformação de Lorentz, transformação de velocidades e de acelerações. Momento linear relativístico, energia relativística. Espaço tempo de Minkowski, invariantes e 4-vetores.*

##### 2. Introdução à Teoria da Relatividade Geral

*Princípio de Equivalência. Red-shift gravitacional. Gravitação.*

##### 3. Advento da Teoria Quântica

*Radiação térmica, corpos negros, irradiância e irradiância espectral, Lei de Stefan-Boltzmann, Lei de Wien, Lei de Rayleigh-Jeans, Lei de Planck. Efeito fotoelétrico. Efeito de Compton. Capacidade térmica dos sólidos. Ondas de De Broglie. Modelo atômico de Bohr.*

#### 4.4.5. Syllabus:

##### 1. Special Relativity Theory

*Electromagnetic waves and the luminiferous ether, Michelson-Morley experiment. Principles of Special Relativity.*

*Simultaneity, length contraction and time dilation. Lorentz transformations, velocity transformations, acceleration transformations. Relativistic linear momentum, relativistic energy. Minkowsky space-time, invariants and 4-vectors.*

##### 2. General Relativity Theory

*The Principle of Equivalence. Gravitational red shift. Gravitation.*

##### 3. Roots of Quantum Theory

*Thermal radiation, black bodies, irradiance and spectral irradiance. Stefan-Boltzmann's Law, Wien's Law, Rayleigh-Jeans Law, Planck's Law. Photoelectric effect. Compton's effect. Heat capacity of solids. De Broglie's waves. Bohr's atomic model.*

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

*Os tópicos dos conteúdos programáticos da unidade curricular estão em correspondência com os objetivos indicados.*

*No essencial, estão alinhados com os conteúdos programáticos de unidades curriculares afins em ciclos de estudos semelhantes de outras instituições do ensino superior, nacionais e estrangeiras.*

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

*The curricular unit's syllabus topics correspond to the stated objectives. They are generally aligned with the syllabus of similar courses taught in other national and foreign higher education institutions.*

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

*As aulas são teórico-práticas; após a apresentação dos conteúdos teóricos, estes são usados em situações concretas, permitindo clarificar os métodos explanados e treinar a sua utilização. São realizadas experiências demonstrativas e trabalhos laboratoriais pelos alunos.*

*A avaliação inclui testes escritos e trabalhos realizados pelos alunos, com apresentação e discussão.*

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

*Mixed theoretical and practical lectures; after the presentation of the theoretical concepts, they are used in concrete situations (problem solving and laboratory work), thus strengthening the learner's understanding. Demonstrative experiments and laboratory work are performed by the students.*

*Assessment includes written tests and assignments by students with presentation and discussion.*

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

*As metodologias de ensino/aprendizagem visam o desenvolvimento integrado dos conteúdos programáticos e a concretização dos objetivos e competências propostos. A aplicação dos conceitos teóricos em problemas concretos permite o aprofundamento da sua compreensão e retenção.*

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

*The teaching / learning methodologies aim at the integrated development of the syllabus and the achievement of the objectives and competences proposed. The application of theoretical concepts to concrete problems allows for a deeper understanding and retention.*

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

1. Walecka JD (2008). *Introduction to Modern Physics*. World Scientific Publishing
2. Krane KS (2019). *Modern Physics*. John Wiley & Sons
3. Serway RA, Moses CJ and Moyer CA (2004). *Modern Physics*. Thomson Learning

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

*Química II*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Chemistry II*

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

*Q*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*30T+30PL*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*-*

**4.4.1.7. Observations:**

*-*

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

*Ana Maria Carreira Lopes, 60 h*

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

*-*

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

*Conhecer o conceito de equilíbrio químico e os fatores de que este depende. Executar cálculos envolvendo a constante de equilíbrio. Identificar tampões em sistemas de equilíbrio e explicar o seu funcionamento. Executar cálculos envolvendo as constantes de acidez e basicidade. Conhecer processos de oxidação e redução. Reconhecer uma célula eletroquímica, em termos de seus componentes e suas funções. Realizar cálculos envolvendo conceitos de equilíbrio redox aplicando a equação de Nernst. Determinar a solubilidade de um composto em solução aquosa e relacionar a solubilidade com o produto de solubilidade. Executar cálculos envolvendo o produto de solubilidade. Conhecer e aplicar as regras de nomenclatura IUPAC para os compostos orgânicos. Classificar e identificar os grupos funcionais orgânicos mais comuns. Prever a estrutura global tridimensional de moléculas orgânicas relativamente simples aplicando os princípios básicos de ligação, hibridação e análise de conformação.*

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

*Known the concept of chemical equilibrium and the factors that it depends. Perform calculations involving the equilibrium constant. Identify buffers in equilibrium systems and explain their function. Perform calculations involving the acid and basic constants. Identify oxidation-reduction processes. Recognize an electrochemical cell, in terms of its components and their functions. Perform calculations involving concepts of redox balance by applying Nernst equation. Determine the solubility of a compound in aqueous solution and correlate the solubility with the solubility*



*product. Perform calculations involving solubility product. Understand and apply the rules of IUPAC nomenclature for organic compounds. Classify and identify the most common organic functional groups. Predicting the global three-dimensional structure of organic molecules relatively simple by applying the basic principles of bonding, hybridization and analysis of conformation.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Os conteúdos programáticos estão divididos em três módulos: M1, M2 e M3.*

*M1 - Equilíbrio Químico. Fatores que afetam o equilíbrio químico. Princípio de Le Chatelier.*

*Definições de ácido e base. Equilíbrio ácido-base em soluções aquosas. Títulações. Soluções padrão*

*Identificação de tampões em sistemas de equilíbrio.*

*M2 - Equilíbrio Oxidação-Redução. Balanços de equações de reações redox. Células eletroquímicas*

*Potencial de uma célula eletroquímica.*

*Conceito de solubilidade e de produto de solubilidade.*

*M3 - Química dos compostos de carbono. Estrutura, nomenclatura e propriedades físico-químicas dos hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos e dos grupos funcionais representativos.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*The course contents are divided into three modules: M1, M2 and M3.*

*M1 - Chemical Equilibrium. Factors affecting the chemical equilibrium. Le Chatelier's principle.*

*Definition of acid and base. Acid-base equilibrium in aqueous solutions. Titrations. Standard solutions.*

*Buffers identification on equilibrium systems.*

*M2 - Redox equilibrium. Balances of redox reactions. Electrochemical cells. Potential of an electrochemical cell.*

*Meaning of solubility and solubility product.*

*M3 - Chemistry of carbon compounds. Structure, nomenclature and physical-chemical properties of aliphatic and aromatic hydrocarbons and representatives functional groups.*

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

*Aprendizagem do equilíbrio químico em reações de ácido-base, oxidação-redução e solubilidade.*

*Identificação de grupos funcionais orgânicos. M1 descreve o equilíbrio químico, o princípio de Le Chatelier, e os fatores que afetam o equilíbrio. São apresentadas as definições e comportamento de ácido e base, fortes e fracos. O estudo do equilíbrio ácido-base é feito por cálculo do pH e titulações é explicado o funcionamento dos indicadores e das soluções tampões. M2 aborda noções de oxidação e redução e as equações químicas. É descrito o funcionamento das células galvânicas e eletrolíticas. Aplicação da equação de Nernst na compreensão do tema. É introduzido o conceito de solubilidade e precipitado.*

*Os fundamentos de Química Orgânica são apresentados no M3 onde se inclui a estrutura e nomenclatura dos hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos e propriedades físico-químicas. É ainda descrito o modo de classificar e identificar os grupos funcionais orgânicos mais comuns.*

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

*Knowledge about chemical equilibrium in acid-base reactions, redox. Solubility and identification of the organic functional groups. M1 begins explain the chemical equilibrium, Le Chatelier's principle and the factors that affect the equilibrium. Are presented definitions and behavior of acid and base, strong and weak, The study of acid-base equilibrium is made by the pH and titration the functioning of indicators and buffer solutions is also explained. M2 focuses the concept of oxidation and reduction and the chemical equations. The operation of galvanic and electrolytic cells is described. Application of the Nernst equation to understand the subject. Is introduced the concept of solubility and precipitated. Fundamentals of Organic Chemistry are presented in M3, which includes the structure and nomenclature of aliphatic and aromatic hydrocarbons and physicochemical properties. Is also described the approach to classify and identify the most common organic functional groups.*

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

*Verbal - A transmissão dos conteúdos programáticos de cada módulo é fundamentalmente de carácter expositivo. No entanto, pretende-se também que haja lugar para a interrogação / explicação.*

*Intuitiva – O uso de audiovisuais para apresentação dos conteúdos temáticos facilita a compreensão e aprendizagem dos mesmos.*

*Ativa – Execução de trabalhos individuais e em grupo. Estas modalidades estão associadas aos módulos da unidade curricular e permitem ao aluno responsabilizar-se e socializar-se.*

*A avaliação é feita de forma contínua e engloba os seguintes aspetos:*

*Após o término de cada módulo, o aluno é avaliado através de uma prova individual, a qual permite analisar se o aluno adquiriu os conhecimentos e aptidões pretendidos;*

*O comportamento do aluno para expor os seus conhecimentos e a sua capacidade de análise são avaliados de forma contínua;*

*Após cada momento de avaliação o aluno faz a sua autoavaliação, analisando os erros cometidos.*

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

*Verbal - The transmission of the contents of each module is essentially expository. However, it is also envisaged that questions and explanation also take place.*

*Intuitive – The use of audio-visual presentation of thematic contents facilitates the understanding and learning*

*Active - Implementation of individual and group work. These modalities are associated with the modules of the course and allow students to take responsibility and socialize.*

*The evaluation is continuous and encompasses the following aspects:*

*Upon completion of each module, students are evaluated through an individual test which allows to analyze if the student has acquired the knowledge and skills required;  
The student's behavior to exhibit their knowledge and analysis capabilities is evaluated continually;  
After each evaluation, the student makes his self-assessment, analyzing the mistakes made;*

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

*O objetivo desta UC é fazer com que os alunos compreendam o significado de equilíbrio químico e em reações de ácido-base e de oxidação-redução e na formação de precipitados e identificarem os grupos funcionais orgânicos mais comuns. A transmissão dos conteúdos programáticos é feita através de exposição oral, acompanhada do uso de métodos audiovisuais. Para que os alunos se familiarizem com aquelas áreas da Química é necessário que realizem, individualmente ou em grupo, trabalhos experimentais no laboratório que ilustrem os conceitos aprendidos. Considera-se fundamental a resolução de exercícios para que os alunos adquiram capacidade para analisar o que efetivamente acontece numa solução onde se dão reações químicas. A avaliação é feita através de uma prova individual, no fim de cada módulo. O trabalho em grupo é também valorizado através da elaboração de relatórios dos trabalhos práticos. O comportamento de cada aluno, em relação à sua aprendizagem, é avaliado de forma contínua.*

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

*The aim of this CU is to make students understand the significance of chemical equilibrium in acid-base reactions as well as in oxidation-reduction reactions and formation of precipitates and lead students to identify the most common organic functional groups. The transmission of the syllabus is made mainly via oral exposure, accompanied by the use of audiovisual methods. For students to become familiar with those areas of chemistry it is necessary to perform, individually or in group, experimental work in the laboratory illustrating the concepts learnt. It is essential giving exercises for students to acquire the capacity to analyze what actually happens in a solution where chemical reactions are present. The evaluation is done by means of an individual test, at the end of each module. In addition, the work done by groups of students is also assessed by reports of the practical work. The behaviour of the students, in relation to their learning, is evaluated on an ongoing basis.*

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

1. Chang R (2005). *Química*, 8.ª edição. Madrid: McGraw-Hill
2. Morrison R e Boyd R (1983). *Química Orgânica*, 8.ª edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian
3. Silverstein RM, Webster FX e Kiemle DJ (2006). *Identificação espectral de compostos orgânicos*, 7.ª edição. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora
4. Skoog DA, West DM and Holler FJ (1996). *Fundamentals of Analytical Chemistry*, 7th edition. Thomson Learning
5. Solomons G and Fryhle C (2000). *Organic Chemistry*, 7th edition. New York: John Wiley & Sons

**Mapa IV - Cálculo III****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Cálculo III*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Calculus III*

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

*M*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*60TP*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*-*

**4.4.1.7. Observations:**

*-*

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

*Rui Miguel Nobre Martins Pacheco, 60 h*

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

-

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

*Nesta unidade pretende-se dotar o aluno com ferramentas fundamentais da matemática para a resolução de problemas em engenharias e física (equações diferenciais, transformadas de Laplace, séries de Fourier, funções complexas). No final da unidade curricular o aluno deverá ser capaz de:*

- *distinguir e resolver os diferentes tipos de equações diferenciais*
- *resolver problemas de valores iniciais*
- *calcular transformadas de Laplace diretas e inversas de funções usuais*
- *resolver equações diferenciais e integrais com transformadas de Laplace*
- *determinar séries de Fourier de funções periódicas, assim como de funções definidas em intervalos limitados*
- *usar o método de separação de variáveis de forma a obter soluções de problemas às derivadas parciais*
- *compreender os conceitos básicos da teoria das funções complexas de uma variável complexa*
- *aplicar os métodos de análise complexa no cálculo de integrais impróprios e transformadas integrais (Fourier e Laplace) e suas inversas*

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

*The objective of this unit is to endow the student with some fundamental tools of mathematics used to solve problems in engineering and physics (differential equations, Laplace transforms, Fourier series, complex functions). At the end of the course the student should be able to:*

- *distinguish and solve different types of ordinary differential equations*
- *solve initial value problems*
- *calculate Laplace transforms of usual functions (direct and inverse)*
- *solve differential and integral equations with Laplace transforms*
- *calculate Fourier series of periodic functions, as well as Fourier series of functions defined in bounded intervals*
- *use the method of separation of variables to obtain solutions of problems with partial differential equations*
- *understand the basic concepts of complex function theory of a complex variable*
- *apply complex analysis methods to calculate improper integrals and integral transforms (Fourier and Laplace) and their inverse*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1 Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) de 1.ª Ordem: equações lineares, separáveis, homogéneas e exatas; existência e unicidade de soluções; aplicações; método de Euler.*

*2 EDO Lineares de Ordem Superior: teoria das soluções; equações homogéneas com coeficientes constantes; equações não homogéneas; variação das constantes; aplicações.*

*3 Sistemas de EDO Lineares: solução geral e solução particular; sistemas lineares homogéneos de coeficientes constantes; retratos de fase e equilíbrio; sistemas não homogéneos; variação das constantes; aplicações.*

*4 Transformadas de Laplace: definição e propriedades; transformada inversa; delta de Dirac; aplicação à resolução de EDO e equações integrais.*

*5 Séries de Fourier: definição e propriedades; funções pares e ímpares; convergência; método da separação das variáveis.*

*6 Introdução à Análise Complexa: funções analíticas; integração complexa; séries de Laurent; teorema dos resíduos; integrais impróprios e transformadas inversas.*

**4.4.5. Syllabus:**

*1 Ordinary Differential Equations of First Order: linear, separable, exact, reducible to exact equations; existence and uniqueness of solutions, applications.*

*2 Linear Ordinary Differential Equations of Higher Order: generalities, homogeneous eq. with constant coefficients, reduction of order, non-homogeneous equations, the method of variation of constants; applications.*

*3 Systems of Linear Differential Equations of First Order: generalities, phase portraits, equilibrium solutions, non-homogeneous linear systems, the method of the variation of the constants; applications.*

*4 Laplace transforms: definition, properties, inverse; applications to the resolution of differential and integral equations.*

*5 Fourier series: definition, even and odd functions; convergence theorem for Fourier series, differentiation and integration of Fourier series; the method of separation of variables.*

*6 Introduction to Complex Analysis: complex functions, analyticity, residues, improper integrals.*

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

*Os conteúdos programáticos estão em óbvia coerência com os objetivos de aprendizagem, sendo de realçar que, dada a natureza da unidade e do ciclo de estudos em que ela se insere, para cada tópico indicado será dado mais destaque aos aspetos conceptuais e aos métodos de cálculo do que aos aspetos teóricos.*

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

*The syllabus is in obvious coherence with the learning objectives, and it should be noted that, given the nature of the unit and the cycle of studies to which it belongs, more emphasis will be given to conceptual issues and calculus methods than to more theoretical aspects.*

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

*1 A metodologia de ensino baseia-se em aulas teórico-práticas. A parte teórica decorre com a exposição pelo professor dos conteúdos programáticos, com base na bibliografia da unidade ou em outros apontamentos disponibilizados, com demonstração rigorosa dos principais resultados. A parte prática das aulas assenta na resolução de exercícios, tanto de forma acompanhada como autónoma.*

*2 A avaliação é efetuada através de dois testes escritos, realizados a meio e no final do semestre, e de fichas de exercícios para resolução em casa, que deverão ser entregues pelos alunos em datas previamente fixadas pelo professor. A classificação final será dada por ponderação das classificações destes elementos de avaliação, a definir pelo professor no início do semestre.*

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

*1 The teaching methodology is based on theoretical-practical lessons. The theoretical part is based on the teacher's presentation of the syllabus contents, based on the bibliography of the unit or other notes available. Great focus will be given to the rigorous demonstration of the main results. The practical part of the classes is based on solving exercises, both in an accompanying and autonomous way.*

*2 The assessment is done through two written tests, carried out in the middle and at the end of the semester, and exercises sheets for home resolution, which must be delivered by the students on dates previously fixed by the teacher. The final classification will be given by weighting the classifications of these evaluation elements, to be defined by the teacher at the beginning of the semester.*

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

*Nas aulas teórico-práticas, os aspetos teóricos dos conteúdos programáticos serão motivados e os principais resultados demonstrados. A resolução de problemas e os cálculos práticos são componentes fundamentais na aprendizagem da matemática. Eles serão trabalhados sob a orientação do professor durante as aulas.*

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

*In the theoretical-practical classes, the theoretical aspects of syllabus contents will be motivated and the main results proved. The problem-solving and the hands-on calculations are fundamental components in mathematics learning. They will be worked under the teacher's supervising during the classes.*

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

- 1. Boyce W & DiPrima R (1986). Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems. John Wiley & Sons*
- 2. Brown JW & Churchill RV (2013). Complex Variables and Applications, 9th ed. McGraw-Hill*
- 3. Churchill RV (1971). Operational Mathematics, 3rd ed. McGraw-Hill*
- 4. Dyke P (2014). An introduction to Laplace Transforms and Fourier Series, 2nd ed. Springer*

### **Mapa IV - Probabilidades e Estatística**

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

*Probabilidades e Estatística*

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

*Probability and Statistics*

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

*M*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

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

*168*

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

*60TP*

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

*6*

#### **4.4.1.7. Observações:**

**4.4.1.7. Observations:**

-

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Luísa Maria Jota Pereira Amaral, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Obter conhecimentos básicos de Probabilidade e Estatística, indispensáveis à aprendizagem futura de conceitos mais avançados que surjam no percurso de formação académica e/ou profissional. Selecionar e aplicar métodos estatísticos apropriados para tirar conclusões sobre incertezas na área de Física e Aplicações.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Obtain basic knowledge of Probability and Statistics, vital for future learning of more advanced concepts that arise in the course of academic and/or professional training. Select and apply proper statistical methods to draw conclusions about uncertainties on Physics and Applications.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1 Noções básicas de Probabilidade**1.1 Experiência aleatória, espaço de resultados e acontecimentos**1.2 Definição clássica de probabilidade**1.3 Definição axiomática de probabilidade e suas consequências**1.4 Probabilidade condicionada e independência de acontecimentos**2 Variáveis aleatórias reais e distribuições de probabilidade**2.1 Variáveis aleatórias reais discretas e contínuas**2.2 Momentos de uma distribuição**2.3 Caracterização de algumas distribuições de probabilidade discretas e contínuas**2.4 Teorema do Limite Central e suas aplicações**3 Introdução à inferência estatística**3.1 Estimação pontual e propriedades dos estimadores**3.2 Intervalos de confiança**3.3 Testes de hipóteses paramétricos e não paramétricos***4.4.5. Syllabus:***1 Basic concepts of Probability**1.1 Random experience, sample space and events**1.2 Classical definition of probability**1.3 Axiomatic definition of probability and its consequences**1.4 Conditional probability and independence of events**2 Real random variables and probability distributions**2.1 Real discrete and continuous random variables**2.2 Distribution moments**2.3 Characterization of some discrete and continuous probability distributions**2.4 Central Limit Theorem and its applications**3 Introduction to statistical inference**3.1 Point estimation and estimator properties**3.2 Confidence Intervals**3.3 Parametric and non-parametric hypothesis tests***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Os conteúdos programáticos desta unidade curricular foram definidos tendo por base os seus objetivos e englobam os tópicos fundamentais de Probabilidades e Estatística, indispensáveis à aprendizagem futura de conceitos mais avançados que surjam no percurso de formação académica e/ou profissional.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***The syllabus of this course have been defined based on their objectives and they cover the fundamental topics of Probability and Statistics, vital for future learning of more advanced concepts that arise in the course of academic and/or professional training.***4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***Aulas teórico-práticas - Exposição dos conteúdos programáticos ilustrada por exemplos que permitem clarificar os conceitos e resultados apresentados. Resolução de problemas, incentivando-se a participação dos alunos e utilizando-se um software estatístico sempre que se justifique.*

*A avaliação de conhecimentos é feita ao longo do semestre com a realização de testes escritos e, caso os estudantes não atinjam as competências esperadas, a avaliação é feita por um exame escrito no final do semestre.*

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

*Theoretical-practical classes - Presentation of the syllabus with illustrative examples that help to clarify the concepts and results presented. Problem solving with the encouragement of active participation of students and the use of a statistical software when justified.*

*The assessment of student learning is done throughout the semester with periodic evaluation tests and, if the students do not reach the expected skills, it is done at the end of the semester with a written exam.*

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

*O funcionamento da unidade curricular em aulas teórico-práticas permite a resolução de exercícios imediatamente a seguir a cada conteúdo teórico, o que melhora a aquisição de conhecimentos e competências. Os exemplos e exercícios contemplam a área do ciclo de estudos.*

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

*The organization of the curricular unit in theoretical-practical classes allows us to solve exercises immediately after each theoretical content and this improves the acquisition of knowledge and skills by the students. Most of the examples and exercises are from Physics and Applications.*

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

- 1. Pestana D e Velosa S (2010). Introdução à probabilidade e à estatística, 4.ª edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian*
- 2. Murteira B, Ribeiro C, Silva JA e Pimenta C (2010). Introdução à estatística. Escolar Editora*
- 3. Pedrosa A e Gama S (2004). Introdução computacional à Probabilidade e Estatística. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian*
- 4. Hall A, Neves C e Pereira A (2011). Grande Maratona de Estatística no SPSS. Escolar Editora*
- 5. Ross S (2009). Introduction to probability and statistics for engineers and scientists. Amsterdam: Elsevier*
- 6. Rohatgi VK (1976). An Introduction to Probability Theory and Mathematical Statistics. New York: John Wiley & Sons*
- 7. Ross SM (1987). Introduction to Probability Theory for Engineers and Scientists. New York: John Wiley & Sons*

### **Mapa IV - Eletrónica**

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

*Eletrónica*

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

*Electronics*

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

*F*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

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

*168*

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

*30T+30PL*

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

*6*

#### **4.4.1.7. Observações:**

*-*

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

*-*

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

*João António da Silva Barata, 60 h*

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

-

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

*Analisar circuitos lineares e não lineares simples utilizando as leis da análise de circuitos e utilizar dispositivos eletrónicos. Discutir a integração destes componentes e circuitos em processos de sensorização, sistemas de aquisição de dados e medida de sinais elétricos.*

*Identificar os fundamentos teóricos e tecnológicos envolvidos na implementação de circuitos digitais.*

*No final da Unidade Curricular o estudante deve ser capaz de:*

- *Identificar os componentes eletrónicos, passivos e ativos, analógicos e digitais, num dado circuito elétrico, caracterizar o seu funcionamento, capacidades de análise e síntese e discutir as suas aplicações;*
- *Implementar circuitos analógicos e digitais de baixa complexidade;*
- *Utilizar com desenvoltura os diversos equipamentos laboratoriais para medir, gerar e visualizar sinais elétricos: fontes de alimentação, multímetro, gerador de sinais, osciloscópio;*

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

*Analyze linear and non linear circuits using the circuit analysis laws and use electronic devices.*

*Discuss the integration of these electronic devices and circuits in sensing processes, data acquisition systems and measurement of electrical signals.*

*Identify the theoretical and technological aspects involved in the implementation of digital circuits.*

*At the end of the Curricular Unit, the student should be able to:*

- *Identify electronic devices, passive and active, analog and digital, in an electronic circuit, describe its operation analysis and synthesis skills and discuss its applications;*
- *Implement of low complexity analog and digital circuits;*
- *Use electronic laboratory equipment to measure, generate and visualize electrical signals: power supplies, multimeter, signal generator, oscilloscope;*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Fundamentos de Teoria dos Circuitos: Componentes passivos lineares. Lei de Ohm. Lei de Joule. Leis de Kirchhoff. Equivalentes Thevenin/Norton. Teorema da Sobreposição. Circuitos RC e RL*

*2. Dispositivos Semicondutores: Semicondutores. Diodos de Junção: propriedades; circuitos retificadores; díodos de Zener; fontes de alimentação reguladas. Transístores de Junção Bipolar: propriedades; ponto de funcionamento em repouso; TJB como amplificador de sinal*

*3. Amplificadores Operacionais: Modelo ideal. Aplicações*

*4. Conversores Analógico-Digitais e Digital-Analógicos*

*5. Aplicações*

*6. Introdução aos Sistemas Digitais*

*7. Sistemas de Numeração e Códigos*

*8. Álgebra de Boole. Representação de Funções Booleanas*

*9. Conceção de Circuitos de Decisão*

*10. Circuitos Combinacionais*

*11. Multiplexagem e Demultiplexagem*

*12. Circuitos de Aritmética Binária*

*13. Circuitos Sequenciais Básicos. Flipflops. Registos. Contadores. Memórias*

*14. Introdução ao Estudo dos Microprocessadores*

**4.4.5. Syllabus:**

*1. Fundamentals of Circuit Theory: Linear passive components. Ohm's law. Joule's Law. Kirchhoff laws.*

*Thevenin/Norton Equivalents. Superposition Theorem. Analysis of RC and RL circuits*

*2. Semiconductor Devices: Semiconductors. Junction diodes: physical properties; rectifier circuits; Zener diodes; regulated power supplies. Bipolar Junction Transistors: properties; BJT biasing; quiescent point; BJT as a signal amplifier*

*3. Operational amplifiers: Ideal Operational Amplifiers. Applications*

*4. Analog to Digital and Digital to Analog Converters*

*5. Applications*

*6. Introduction to Digital Electronics*

*7. Numerical Systems and Codes*

*8. Boolean Algebra. Boolean Function Representation*

*9. Decision Circuits*

*10. Combinational Circuits*

*11. Multiplexing and Demultiplexing*

*12. Binary Arithmetic Circuits*

*13. Basic sequential circuits. Flipflops. Registers. Counters. Memories*

*14. Introduction to Microprocessors*

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

*As aulas teóricas e laboratoriais percorrem todas as matérias que o programa apresenta, no sentido de satisfazer plenamente os objetivos desta unidade curricular. Em particular, o trabalho laboratorial enfatiza todas as matérias expostas nas aulas e que são o verdadeiro guião para concretizar os objetivos desta unidade curricular.*

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

*All the theoretical and practical subjects exposed and practiced along the semester are very close to the objectives of this Course Unit. In particular, the experimental work sweeps all the exposed matters that are the driving guide to achieve the objectives of the Course Unit.*

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

*Aulas teóricas (T) para exposição e desenvolvimento dos conteúdos programáticos, seguidos da resolução de exercícios e discussão de exemplos de aplicação. Aulas laboratoriais (PL) para realização de trabalhos experimentais com aplicação prática da matéria teórica. Nas aulas laboratoriais, os alunos utilizam ferramentas EDA para captura e simulação de circuitos analógicos e digitais, que, depois, implementam em placas de montagem e testam, utilizando equipamento eletrónico laboratorial. Os trabalhos propostos permitem aos alunos a compreensão de alguns problemas práticos inerentes à sua implementação e análise. No fim de cada trabalho laboratorial os alunos têm de preparar um relatório escrito.*

*Avaliação Escrita (80%): 2 frequências (1.ª Freq. Elet. Analógica 60%; 2.ª Freq. Elet. Digital 40%) ou Exame Avaliação Laboratorial (20%): contínua.*

*Classificação Final = 80% (60% Elect. Anal.+40% Elect. Dig.)+20% Aval. Lab.*

*Classificações Mínimas: Elect. Anal. 8; Elect. Dig. 8; Aval. Lab. 10.*

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

*Theoretical classes (T) for exposition and development of the syllabus, followed by problem solving and discussion of application examples. Laboratory classes (PL) to carry out experimental works with practical application of the theory exposed in the lectures. In laboratory classes, students use EDA tools to capture and simulation of analog and digital circuits, that, then they will implement on breadboard and use electronic laboratory equipment to test the circuit. The proposed assignments allows the students to understand some practical problems inherent to its implementation and analysis. At the end of each laboratory assignment the students will have to write a report.*

*Written Assessment (80%): two written tests (1st test – Analog Electronics 60%; 2nd test Digital Electronics 40%) or Exam Laboratory Assessment (20%): continuous.*

*Final Grade = 80% (60% Analog Electronics + 40% Digital Electronics) + 20% Laboratory.*

*Minimum Grades: Analog Elec. 8; Digital Elec. 8; Lab. 10.*

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

*Para que o estudante adquira as competências propostas para a unidade curricular, estão programadas aulas teóricas de carácter dinâmico e, quando adequado, aulas em regime de tutoria com o ensino por objetivos educativos e aprendizagem baseada em problemas. O professor orienta os estudantes na pesquisa de informação relevante para a obtenção dos resultados esperados no final do processo de aprendizagem. As aulas práticas envolvem a realização de trabalhos experimentais relativos aos conceitos teóricos abordados, com aplicação dos conhecimentos, tanto na execução de técnicas, como na análise de dados, interpretação de resultados e resolução de problemas.*

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

*The proposed skills for biomedical students are obtained in programmed theoretical classes with a dynamic character and, when appropriated, tutorial classes with learning objectives based in proposed problems. Teacher suggests information search in several data bases to achieve the results in learning process. In the lab classes the students have several experimental works related to theoretical matters.*

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

*1 Silva MM (1999). Introdução aos Circuitos Eléctricos e Electrónicos. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian*

*2 Smith RJ (1987). Circuits, Devices and Systems, 3rd edition. New York: John Wiley & Sons*

*3 Taub H (1982). Circuitos Digitais e Microprocessadores. McGraw-Hill*

*4 Wakerly, JF (2001). Digital Design, Principles & Practices, 3rd edition. Prentice Hall*

**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:**

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**



**4.4.1.5. Horas de contacto:**

60TP

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

-

**4.4.1.7. Observations:**

-

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Rodrigues Tomé, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

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

*O objetivo geral desta UC é fornecer formação básica em conceitos de termometria, calorimetria e termodinâmica. No final desta UC o estudante deve ser capaz de estudar um sistema termodinâmico com base nas leis da termodinâmica.*

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

*The general objective of this CU is to provide basic training in concepts of thermometry, calorimetry and thermodynamics.*

*At the end of this UC the student should be able to study a thermodynamic system based on the laws of thermodynamics.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Âmbito e linguagem da termodinâmica*
2. *Lei zero da termodinâmica: temperatura*
3. *Primeira lei da termodinâmica: energia*
4. *Segunda lei da termodinâmica: máquinas térmicas*
5. *Entropia*
6. *Significado da entropia*
7. *Formalismo termodinâmico*
8. *Algumas aplicações*
9. *Sistemas abertos*
10. *Potenciais termodinâmicos*
11. *Terceira lei da termodinâmica, equilíbrio e estabilidade*
12. *Teoria da informação*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1 *Scope and language of thermodynamics*
- 2 *The zeroth law of thermodynamics: temperature*
- 3 *The first law of thermodynamics: internal energy*
- 4 *The second law of thermodynamics: thermal engines*
- 5 *Entropy*
- 6 *Meaning of entropy*
- 7 *Formalism of thermodynamics*
- 8 *Some applications*
- 9 *Open systems*
- 10 *Thermodynamic potentials*
- 11 *The third law of thermodynamics, equilibrium and stability*
- 12 *Information theory*

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

*Nas aulas teóricas, o docente expõe os conteúdos do programa. Nas aulas teórico-práticas, os alunos resolvem no quadro um conjunto de exercícios estipulado previamente. Os exercícios são retirados de um conjunto de séries de exercícios preparadas pelo docente.*

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

*In theoretical classes, the teacher explains the contents of the program. In the theoretical-practical classes, the students solve in the blackboard a set of previously chosen exercises. The exercises are taken from a set of series of exercises prepared by the teacher.*

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

*I Componentes. A avaliação tem 2 componentes:*

*I.1 Provas Escritas (PE), que representa 90% da nota final e admite dois tipos de avaliação:*

*a) contínua (2 testes, notas N1 e N2);*

*b) global (um exame, nota NE).*

*A nota desta componente (NPE) é a média aritmética de N1 e N2 (para avaliação contínua) ou a NE (para avaliação global).*

*I.2 Participação nas Aulas (PA), que representa 10% da nota final. A nota desta componente é NPA.*

*II Cálculo da nota final (NF). A fórmula para a calcular é  $NF=NPE+NPA$ , arredondando às unidades mais próximas.*

*III Frequência e aprovação. Tem-se a condição de frequência (F) se se assistir a pelo menos 50% das aulas (exceto trabalhadores-estudantes) e se obtiver  $NPE \geq 5.4/18$ . Tem-se a condição de aprovação (A) se se tiver a condição F e a nota  $NF \geq 10$ .*

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

*I Components. The evaluation has 2 components:*

*I.1 Written tests (WT), representing 90% of the final grade (FG) and admitting two kinds of evaluation:*

*a) continuous (2 tests, grades N1 and N2);*

*b) global (one exam, grade EG).*

*The grade of this component (WTG) is the arithmetic mean of N1 and N2 (in continuous evaluation) or EG (in global evaluation).*

*I.2 Participation in classes (PC), representing 10% of FG. The grade of this component is PCG.*

*II Calculation of FG. The formula is  $FG=WTG+PCG$ , rounding to closer units.*

*III Frequency and approval. Frequency (F) condition requires to assist to a minimum of 50% of the classes (exception to working students) and to obtain  $WTG \geq 5.4/18$ . Approval (A) requires F condition and  $FG \geq 10$ .*

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

*O docente disponibiliza, através da plataforma Moodle e na semana imediatamente anterior, os conteúdos teóricos que serão dados na aula teórica; indica também um conjunto de secções do livro de texto que o estudante deve ler antes da aula teórica. Dessa forma, o estudante assiste à aula teórica tendo já algum conhecimento prévio sobre os conteúdos que são abordados nessa aula.*

*Depois de assistir à aula teórica em que o docente expôs os conteúdos teóricos, o estudante é incentivado a tentar resolver um conjunto de exercícios, disponibilizado previamente pelo docente através da plataforma Moodle. Sempre que o estudante acredite ter sido bem-sucedido na resolução de um desses exercícios, poderá enviar a sua resolução ao docente, e reservar esse exercício para o fazer no quadro, durante a aula prática. A participação do estudante nas aulas práticas faz parte da avaliação da disciplina.*

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

*The teacher provides, through the platform Moodle and in the week immediately preceding, the theoretical contents that will be given in the theoretical class; also indicates a set of sections of the textbook that the student should read before the theoretical class. In this way, the student attends the theoretical class having already some previous knowledge about the contents that are approached in this class.*

*After attending the theoretical class in which the teacher presented the theoretical contents, the student is encouraged to try to solve a set of exercises, made available previously by the teacher through the platform Moodle. Whenever the student believes that he has succeeded in solving one of these exercises, he can send his resolution to the teacher, and reserve this exercise to do it on the board during the practical lesson. The participation of the student in the practical classes is part of the evaluation of the discipline.*

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

1. Callen HB (1985). *Thermodynamics and an introduction to thermostatistics*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons
2. Finn CBP (1993). *Thermal physics*, 2nd ed. London: CRC Press
3. Guémez J, Fiolhais C e Fiolhais M (1998). *Fundamentos de termodinâmica do equilíbrio*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian
4. Gyftopoulos EP and Beretta GP (2005). *Thermodynamics: foundations and applications*, 2nd ed. New York: Dover
5. Zemansky MW and Dittman RH (1997). *Heat and thermodynamics: an intermediate textbook*, 7th ed. Auckland: McGraw-Hill

### Mapa IV - Mecânica Clássica

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Mecânica Clássica*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Classical Mechanics*

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

F

**4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

60TP

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

-

**4.4.1.7. Observations:**

-

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***João Pinheiro da Providência e Costa, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Obter uma sólida base de conhecimentos de fundamentos e aplicações da mecânica clássica, incluindo alguns tópicos aprofundados de movimento oscilatório, formalismo Lagrangiano, dinâmica do corpo rígido, pequenas oscilações e o formalismo Hamiltoniano.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To gain a solid knowledge basis of the fundamentals and applications of classical mechanics, including topics of oscillator motion, Lagrangian formalism, rigid body dynamics, small oscillations, and Hamiltonian formalism.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Fundamentos da mecânica clássica**Constantes do movimento. Conservação de energia**2. Oscilações**Oscilações harmónicas livres**Oscilações amortecidas**Oscilações forçadas**Ressonância**3. Problema de Kepler**Sistema de dois corpos: coordenadas de centro de massa e relativa**Interação gravitacional e forças centrais**Propriedades do movimento sob um potencial central**O potencial  $1/r$* *Órbitas e leis de Kepler**4. Introdução à mecânica Lagrangiana**Constrangimentos e coordenadas generalizadas**Lagrangiano e equação de Euler-Lagrange**Simetrias e leis de conservação**5. Movimento do corpo rígido**Tensor de inércia**Momento angular**Eixos principais de inércia**Ângulos de Euler**Teorema de Euler para um corpo rígido**Efeito de Coriolis**6. Pequenas oscilações e modos normais**Osciladores acoplados**Modos normais**7. Formalismo Hamiltoniano**Transformações de Legendre*

*Transformações canônicas  
Parênteses de Poisson*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Foundations of classical mechanics*  
*Constants of motion. Energy conservation*
2. *Oscillations*  
*Free harmonic oscillations*  
*Damped oscillations*  
*Forced oscillations*  
*Ressonance*
3. *Kepler's problem*  
*Two body system: center of mass and relative coordinates*  
*Gravitational interaction and central forces*  
*Properties of motion under a central potential*  
*The potential  $1/r$*   
*Orbits and Kepler's laws*
4. *Introduction to the Lagrangian formalism*  
*Constraints and generalized coordinates*  
*Lagrangian and Euler-Lagrange equation*  
*Symmetries and conservation laws*
5. *Rigid Body Motion*  
*The Inertia Tensor*  
*Angular Momentum*  
*Principal axes of inertia*  
*Euler Angles*  
*Euler's theorem on rigid body motion*  
*Coriolis effect*
6. *Small oscillations and normal modes*  
*Coupled oscillators*  
*Normal modes*
7. *Hamiltonian formalism*  
*Legendre transformations*  
*Canonical transformations*  
*Poisson Parentheses*

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

*Os conteúdos programáticos da unidade curricular foram definidos em função dos objetivos e competências a serem adquiridos pelos alunos.*

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

*The syllabus contents of the curricular unit were defined according to the objectives and competences to be acquired by the students.*

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

*Aulas teórico-práticas - Os conteúdos teóricos serão expostos através de aulas ilustradas por exemplos que permitem clarificar os conceitos, métodos e resultados apresentados. Para além de dois testes escritos, a avaliação inclui a realização de trabalhos.*

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

*Mixed theory and problem solving sessions – the theoretical contents are presented and immediately illustrated by means of examples, allowing the clarification of concepts, methods and results. Besides two written tests, evaluation is based on small projects developed by the students.*

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

*A metodologia de ensino encontra-se centrada no aluno, que ao longo do semestre vai aprendendo e aplicando os procedimentos aprendidos, com o seu trabalho autónomo e com a ajuda da equipa docente. Desta forma, é dada particular importância à avaliação contínua que permite que o aluno possa, ao longo do semestre, demonstrar faseadamente as competências adquiridas com o seu trabalho.*

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

*The teaching methodology is centered on the student, who throughout the semester will learn and apply the learned procedures, with their autonomous work and with the help of the teaching team. In this way, special importance is given to the continuous assessment that allows the student to demonstrate, in the semester, the skills acquired with his work.*

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

1. *Goldstein H, Poole Jr CP and Safko JL (2002). Classical Mechanics, 3rd ed. Reading, MA: Addison-Wesley*
2. *Kibble TWB and Berkshire FH (2004). Classical Mechanics, 5th ed. London: Imperial College Press*

3. *Maia NMM (2008). Introdução à Dinâmica Analítica. Lisboa: IST Press*

4. *Taylor J (2005). Classical Mechanics. University Science Books*

#### Mapa IV - Matemática Computacional

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

*Matemática Computacional*

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

*Computational Mathematics*

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

*M*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*60TP*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

-

##### 4.4.1.7. Observations:

-

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

*José Carlos Matos Duque, 60 h*

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

-

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

*Com esta unidade curricular pretende-se que o aluno obtenha ferramentas numéricas que permitam resolver os mais variados problemas em física e áreas afins.*

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

*a) analisar os erros e determinar a sua propagação*

*b) determinar numericamente zeros de funções*

*c) calcular numericamente extremos de funções*

*d) resolver numericamente sistemas de equações lineares*

*e) interpolar e aproximar funções*

*f) derivar e integrar funções numericamente*

*g) resolver equações e sistemas de equações diferenciais por métodos numéricos*

*h) perante um problema proposto, traduzi-lo de forma matemática, identificar os possíveis métodos para o resolver, escolher o mais adequado, implementá-lo e analisar de forma crítica os resultados*

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

*With this curricular unit it is intended that the student obtain numerical tools to solve the most varied problems in physics and related fields.*

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

*a) analyze the errors and determine their propagation*

*b) determine numerically zeros of functions*

*c) calculate numerically extremes of functions*

*d) solve numerically systems of linear equations*

*e) interpolate and approximate functions*

*f) derive and integrate functions numerically*

*g) solve equations and systems of differential equations by numerical methods*

*h) in face of a proposed problem, translate it mathematically, identify possible methods to solve it, choose the most appropriate, implement it and critically analyze the results*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Teoria de erros
2. Equações não lineares
3. Extremos de funções
4. Sistemas de equações lineares
5. Interpolação e aproximação polinomial
6. Diferenciação e integração numérica
7. Equações diferenciais ordinárias com valores iniciais

#### 4.4.5. Syllabus:

1. Theory of errors
2. Non-linear equations
3. Extremes of functions
4. Systems of linear equations
5. Interpolation and polynomial approximation
6. Differentiation and numerical integration
7. Ordinary differential equations with initial values

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

*Os conteúdos programáticos da unidade curricular foram definidos em função dos objetivos e competências a serem adquiridos pelos alunos e enquadram-se dentro dos conteúdos normalmente lecionados em unidades curriculares equivalentes de outras universidades portuguesas e europeias.*

*Os objetivos definidos, traduzidos nas competências específicas a) – g), são alcançados através dos conteúdos programáticos 1. – 7. respetivamente, a competência específica h) é alcançada de forma transversal em todos os conteúdos programáticos.*

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

*The syllabus of the curricular unit was defined according to the objectives and competences to be acquired by the students and is related with the syllabus usually taught in equivalent curricular units of other Portuguese and European universities.*

*The defined objectives, translated in the specific competences a) - g), are reached through the programmatic contents 1. - 7. respectively, the specific competence h) is reached transversally in all the programmatic contents.*

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

*A unidade curricular funciona com aulas teórico-práticas. O docente expõe os conceitos, enuncia e demonstra resultados fundamentais, apresenta exemplos e aplicações. O funcionamento da UC em aulas teórico-práticas permite que sejam feitos exercícios imediatamente a seguir a cada conteúdo teórico, o que melhora a aquisição de conhecimentos e competências. Além disso o estudante é incentivado a participar nas aulas, a interagir com o professor e com os colegas, e a trabalhar autonomamente, sob a forma de realização de exercícios, formulação e resolução de problemas.*

*A avaliação contínua será feita através da realização de duas provas escritas cotadas de 8 valores cada uma e quatro mini testes a realizar no computador durante as aulas teórico-práticas, valendo 1 valor cada um. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.*

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

*The course is structured in theoretical-practical classes. The teacher introduces the concepts, states and proves the fundamental results, provides examples and applications. The combination of the theory with the practice in the classes allows the exercises to be performed immediately after each theoretical content, which improves the acquisition of knowledge and skills. In addition, the student is encouraged to participate in classes, to interact with the teacher and with colleagues, and to work autonomously, in the form of exercises, formulation and problem solving. The evaluation carried out during the teaching-learning process consists of two written tests quoted for 8 values each and four mini tests to be carried out on the computer during the classes, quoted for 1 value each. The student can also take a final exam quoted for 20 values.*

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

*A estruturação das aulas faseadas em aulas teórico-práticas combina, em simultâneo, as duas vertentes e está baseada na exposição dos conceitos teóricos dos conteúdos programáticos, na apresentação de exemplos práticos de pequena dimensão e na aplicação por parte dos alunos dos conceitos teóricos através da resolução de problemas práticos adequados e ajustados a cada conteúdo programático. Esta estruturação permite, de uma forma proporcional e gradual, que os alunos adquiram as competências necessárias ao longo do semestre para obter a aprovação.*

*A metodologia de ensino encontra-se centrada no aluno, que ao longo do semestre vai aprendendo e aplicando os conceitos adquiridos, com o seu trabalho autónomo e com a ajuda da equipa docente. Desta forma, é dada particular importância à avaliação contínua que permite que o aluno possa, ao longo do semestre, demonstrar faseadamente as competências adquiridas com o seu trabalho.*

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

*The structuring of the classes phased in theoretical-practical classes combines, simultaneously, the two strands and is based on the exposition of the theoretical concepts of the programmatic contents, on the presentation of small practical examples and on the students' application of the theoretical concepts through practical problems that are appropriate and adjusted to each programmatic content. This structure allows, in a proportional and gradual way, that students acquire the necessary competences throughout the semester to obtain the approval. The teaching methodology is centered on the student, who during the semester will learn and apply the concepts acquired, with their autonomous work and with the help of the teaching team. In this way, special importance is given to the continuous assessment that allows the student to demonstrate, in the semester, the skills acquired with his work.*

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

1. Pina H (1995). *Métodos Numéricos*. Alfragide: McGraw-Hill
2. Valença MR (1988). *Métodos Numéricos*. Braga: INIC
3. Burden RI, Faires JD and Burden AM (2015). *Numerical Analysis, 10th edition*. Boston: PWS-Kent

### **Mapa IV - Mecânica Quântica I**

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

*Mecânica Quântica I*

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

*Quantum Mechanics I*

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

*F*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

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

*168*

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

*60TP*

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

*6*

#### **4.4.1.7. Observações:**

*-*

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

*-*

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

*João Pedro de Jesus Marto, 60 h*

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

*-*

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

*O objetivo da UC é fornecer conhecimentos teóricos e práticos de física quântica.*

*No final da UC o estudante deverá ser capaz de analisar, compreender e descrever matematicamente alguns fenómenos elementares da física quântica e possuir competências na identificação e resolução de problemas neste campo do saber.*

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

*The objective of this CU is that students acquire theoretical and practical knowledge of quantum physics.*

*A student completing this CU should be able to identify, interpret and analyze elementary physical situations found in quantum physics. In addition, the student will learn skills necessary to tackle common problems in this subject.*

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

- 1) *Crise da física clássica e origens da física quântica*
- 2) *Equação de Schrödinger*

- Equação de ondas e princípio da sobreposição
- Interpretação probabilística da função de onda
- Princípio de indeterminação
- 3) O formalismo da mecânica quântica
- Notação de Dirac
- Observáveis
- Funções próprias e valores próprios
- Evolução temporal: representações de Heisenberg e de Schrödinger
- 4) Postulados da mecânica quântica
- 5) Algumas soluções da equação de Schrödinger
- Poço de potencial
- Degrau e barreira de potencial
- Efeito de túnel
- Oscilador harmónico
- 6) Átomo de hidrogénio
- Equação de Schrödinger em 3 dimensões
- Soluções da equação radial
- Quantização do momento angular orbital
- Degenerescência e números quânticos

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1) *The crisis in classical physics and the origins of quantum physics*
- 2) *The Schrödinger equation*
  - *Wave equation and superposition principle*
  - *Probabilistic interpretation of the wavefunction*
  - *Uncertainty principle*
- 3) *Quantum mechanics formalism*
  - *Dirac notation*
  - *Observables*
  - *Eigenfunctions and eigenvalues*
  - *Time evolution: Heisenberg and Schrödinger representations*
- 4) *Quantum mechanics postulates*
- 5) *Some solutions of the Schrödinger equation*
  - *Square potential well*
  - *Step and barrier potentials*
  - *Tunneling effect*
  - *Harmonic oscillator*
- 6) *Hydrogen atom*
  - *Schrödinger's equation in 3 dimensions*
  - *Radial equation solutions*
  - *Orbital angular momentum quantization*
  - *Quantum numbers and degeneracy*

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

*De modo a garantir o cumprimento dos objetivos da UC, de adquirir conceitos básicos de física quântica, os conteúdos programáticos são definidos numa sequência que é a mais consensual na elaboração dos manuais bibliográficos de mecânica quântica. Assim, a escolha dos temas, e a sua profundidade, refletem um estudo dos principais manuais disponíveis e a sua orientação para um curso de 1.º ciclo em física.*

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

*To fulfill the curricular unit's objectives, the contents are structured in a way that is widely accepted in the preparation of quantum mechanics books. Therefore, the choice of the subjects, and their depth, is based on the analysis of the main bibliography suitable for a 1st cycle degree in physics.*

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

*Esta UC tem a duração de um semestre letivo, envolvendo 60 horas de contacto com a equipa docente, 100 horas de trabalho autónomo e 8 horas para avaliação (total: 168 horas). As aulas estão organizadas em aulas teórico-práticas (TP): exposição dos conteúdos programáticos, apresentação de problemas de pequena dimensão e simulação computacional, aplicação dos conteúdos programáticos através da resolução de problemas práticos, e participação em aulas de demonstração laboratorial.*

*A avaliação é realizada em duas fases:*

- *Avaliação contínua: 2 testes teórico-práticos ao longo do semestre letivo*
- *Exame final (com parte teórica e parte prática) para os alunos admitidos.*

*Métodos e Critérios de Avaliação*

*A classificação de ensino-aprendizagem (CEA) consiste em:*

- *2 testes escritos com 100% da CEA*
- *A assiduidade será controlada e é condição de admissão ao exame final, se os alunos frequentarem pelo menos 75% das aulas.*

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



*This one-semester course consists of 60 hours of contact with the teaching team, 100 hours of autonomous work and 8 hours for evaluation (total: 168 hours). The course is structured with practical classes (TP): exposition of the subjects of the course, presentation of small practical examples and computational simulations, application of theoretical concepts to solve practical problems, and participation in laboratory demonstration classes.*

*Evaluation is performed in two phases:*

- *Continuous evaluation: 2 theoretical and practical tests throughout the semester*
- *Final exam (with theoretical and practical parts) for admitted students.*

*Assessment methods and criteria*

- *2 written exams will form 100% of the assessment grade*
- *The duty of assiduity will be checked and will constitute a necessary condition to access the final exam if the student is present in, at least, 75% of the classes.*

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

*De modo a garantir o cumprimento dos objetivos da UC, de adquirir conceitos básicos de física quântica, o método de ensino é dividido em três componentes. Em primeiro lugar, discute-se com os alunos as bases experimentais e os fenómenos que se pretendem enquadrar na teoria física. Em segundo lugar, incentiva-se o aluno a resolver problemas usando as leis matemáticas definidas nessa teoria física. Finalmente, numa terceira etapa, incentiva-se os alunos a proceder a simulações computacionais e a participar em aulas de demonstração laboratorial, de modo a testar e visualizar a resolução de problemas práticos.*

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

*To fulfill the CU's objectives, the teaching methodology is divided into three steps. Firstly, the students will participate in a discussion about the experimental bases and phenomena of a specific physical theory. Secondly, the students are stimulated to solve problems by means of the mathematical laws defined in that physical theory. Finally, in a third step, students will perform computer simulations, and participate in laboratory demonstration classes, aiming to test and visualize the resolution of practical problems.*

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

1. *Bicudo P et al (2013). Mecânica Quântica. Lisboa: IST Press*
2. *Griffiths D (2018). Introduction to Quantum Mechanics, 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press*
3. *Greiner W (2001). Quantum Mechanics – An Introduction, 4th ed. Berlin-Heidelberg-New York: Springer*
4. *Phillips AC (2003). Introduction to Quantum Mechanics. New York: John Wiley & Sons*
5. *Gasiorowicz S (2003). Quantum Physics, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons*

### **Mapa IV - Eletromagnetismo e Ótica**

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

*Eletromagnetismo e Ótica*

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

*Electromagnetism and Optics*

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

*F*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

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

*168*

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

*30T+15TP+15PL*

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

*6*

#### **4.4.1.7. Observações:**

*-*

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

*-*

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

*José Alberto Ribeiro Pacheco de Carvalho, 60 h*

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

-

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

*Ministrar conhecimentos de Eletromagnetismo e Ótica, aos níveis teórico, teórico-prático e prático, incluindo a realização de trabalhos laboratoriais.*

*No final da Unidade Curricular o estudante deve demonstrar conhecimentos sobre a criação de campos eletromagnéticos por cargas e correntes, ação de campos sobre cargas, meios materiais na presença de campos elétricos e magnéticos estáticos. Ter noções sobre regimes variáveis em circuitos elétricos e circuitos de corrente alterna. Mostrar compreender as equações de Maxwell, ondas eletromagnéticas e fenómenos básicos da ótica. Saber resolver problemas. Compreender e saber executar trabalhos laboratoriais sobre a matéria.*

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

*Provide knowledge of electromagnetism and optics, at theoretical, theoretical-practical and practical levels, including the conduct of laboratory work.*

*At the end of the course the student should demonstrate knowledge of the creation of electromagnetic fields by charges and currents, actions of fields on charges, materials in the presence of static electric and magnetic fields. Have notions about transients in electrical circuits and AC circuits. Show understanding Maxwell's equations, electromagnetic waves and basic phenomena of optics. Learn to solve problems. Understand and know how to perform laboratory work on the subject.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Eletrostática. Eletrostática no vazio e em meios materiais.*
- 2. Corrente Contínua. Leis fundamentais e circuitos em corrente contínua.*
- 3. Magnetostática. Magnetostática no vazio e em meios materiais.*
- 4. Campos eletromagnéticos variáveis. Indução eletromagnética. Densidade de corrente de deslocamento. Elementos de circuitos em regime quase-estacionário. Equações de Maxwell no vazio. Conservação da energia e potência. Equações de Maxwell em meios materiais. Regimes variáveis em circuitos elétricos. Corrente alterna.*
- 5. Ondas eletromagnéticas. Equações de Maxwell para campos com variação sinusoidal. Equações de onda no vazio. Polarização. Espectro eletromagnético. Equações de onda em meios materiais homogêneos, lineares e isotrópicos. Ondas eletromagnéticas em meios materiais. Reflexão e refração de ondas eletromagnéticas em interfaces planas. Leis da reflexão e da refração (Leis de Snell-Descartes). Interferência, difração.*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1. Electrostatics. Electrostatics in vacuum and in materials.*
- 2. Continuous Current. Fundamental laws and DC circuits.*
- 3. Magnetostatics. Magnetostatics in vacuum and in materials.*
- 4. Varying electromagnetic fields. Electromagnetic induction. Displacement current density. Circuit elements in quasi-stationary regime. Maxwell's equations in vacuum. Conservation of energy and power. Maxwell's equations in materials. Transients in electrical circuits. Alternating current.*
- 5. Electromagnetic waves. Maxwell's equations for fields with sinusoidal variation. Wave equations in vacuum. Polarization. Electromagnetic spectrum. Wave equations in homogeneous, linear and isotropic materials. Electromagnetic waves in materials. Reflection and refraction of electromagnetic waves at plane interfaces. Laws of reflection and refraction (Snell – Descartes Laws). Interference, diffraction.*

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

*Considerando os conteúdos programáticos face aos objetivos desta unidade curricular, importa salientar que são totalmente compatíveis.*

*1) Os alunos irão adquirir conhecimentos e competências ao nível das leis fundamentais e aplicações, incluindo laboratoriais em: Eletrostática no vazio e em meios materiais; Corrente contínua; Magnetostática no vazio e em meios materiais; Campos eletromagnéticos variáveis; Ondas eletromagnéticas.*

*Também irão:*

- 2) Resolver múltiplos problemas e lidar com variada instrumentação, visando a resolução de múltiplas situações práticas.*
- 3) Adquirir competências iniciais para integração em equipas de investigação científica, visando o desenvolvimento do método científico, da inovação, do empreendedorismo e da produção científica.*
- 4) Desenvolver a expressão oral e escrita, a capacidade de pesquisa e de comunicação.*
- 5) Desenvolver capacidades de aprendizagem autónoma e auto-orientada, para aplicação de conhecimentos a situações novas em áreas interdisciplinares.*

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

*Considering the pointed out syllabus and the objectives of the unit, it should be noted that they are totally compatible.*

*1) Students will acquire knowledge and skills, including fundamental laws and applications, including laboratory, on: Electrostatics in vacuum and materials; DC current; Magnetostatics in vacuum and materials; Variable electromagnetic fields; Electromagnetic waves.*

*Also:*

- 2) Solving multiple electromagnetic problems and getting involved with several instrumentation, aiming to solve*

*multiple practical situations.*

*3) Acquiring initial skills for integration in scientific research teams, aiming development of scientific method, innovation, entrepreneurship and scientific production.*

*4) Development of oral and written expression, capacities of investigation and communication.*

*5) Development of autonomous and self-oriented learning, enabling knowledge application to new situations in interdisciplinary areas.*

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

*Nas aulas teóricas e práticas o ensino é feito sequencialmente, baseado em material de apoio. Incentivam-se os alunos a serem assíduos e interventivos.*

*As aulas laboratoriais são dedicadas à explicação e demonstração prévia dos trabalhos, constantes de guia laboratorial, e à sua realização pelos alunos.*

*Recorre-se à utilização das modernas tecnologias de informação e comunicação.*

*1) Avaliação contínua: prova escrita, com classificação mínima de 10 (dez) valores. Os alunos com uma classificação inferior repetem esta prova no exame final. Na componente laboratorial, os alunos formam pequenos grupos, e apresentam um relatório por cada trabalho realizado; é componente obrigatória, com a classificação mínima de 10 (dez) valores.*

*2) Avaliação por exame final: prova de exame final, com componente teórica e prática, com a classificação mínima de 10 (dez) valores.*

*3) Fórmula de cálculo da classificação final:*

*NF (nota final) = 0.8xNTP (nota teórica e prática) + 0.2xNL (nota laboratorial).*

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

*Both theoretical and practical teaching activities are sequential, based on support materials. Students are required to attend and participate.*

*Laboratory classes are dedicated to both explanation and demonstration prior to the works, given in the laboratory guide, and its realization by the students.*

*Modern information and communication technologies are used, including e-learning.*

*1) Continuous evaluation: written test, with a minimum grade of 10 (ten). Students with a lower classification repeat this test on the final examination. In the laboratory component, students are part of small groups. A report is presented for every work; this component is mandatory; the minimum grade is 10 (ten).*

*2) Evaluation by final examination: complete test for the final examination, theoretical and practical, with a minimum grade of 10 (ten).*

*3) Formula for calculating the final grade:*

*NF(final grade) = 0.8xNTP (theoretical and practical grade) + 0.2xNL (laboratory grade).*

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

*Nas aulas teóricas e práticas o ensino é feito sequencialmente, baseado em material de apoio. Incentivam-se os alunos a serem assíduos e interventivos.*

*As aulas laboratoriais são dedicadas à explicação e demonstração prévia dos trabalhos, constantes de guia laboratorial, e à sua realização pelos alunos.*

*Recorre-se à utilização das modernas tecnologias de informação e comunicação.*

*Objetivos pedagógicos: obter competências sobre a criação de campos eletromagnéticos por cargas e correntes, ação de campos sobre cargas, meios materiais na presença de campos elétricos e magnéticos estáticos; adquirir noções sobre campos eletromagnéticos variáveis, regimes variáveis em circuitos elétricos e circuitos de corrente alternada; compreender as equações de Maxwell, ondas eletromagnéticas e fenómenos básicos da ótica; resolver problemas; compreender e executar trabalhos laboratoriais sobre a matéria.*

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

*Both theoretical and practical teaching activities are sequential, based on support materials. Students are required to attend and participate.*

*Laboratory classes are dedicated to both explanation and demonstration prior to the works, given in the laboratory guide, and its realization by the students.*

*Modern information and communication technologies are used, including e-learning.*

*Educational objectives: acquisition of skills about creation of electromagnetic fields by charges and currents, actions of fields on charges, materials in the presence of static electric and magnetic fields; understand variable electromagnetic fields, transients in electrical circuits and ac circuits; to know Maxwell's equations, electromagnetic waves and basic optical phenomena; solving problems; understanding and executing laboratory works in the scope of the unit.*

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

*1. Tipler PA e Mosca G (2009). Física para Cientistas e Engenheiros, volume 2 - Eletricidade e Magnetismo, Ótica, 6.ª edição. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora*

*2. Halliday D, Resnick R e Krane KS (1996). Física 3 e 4, 4.ª edição. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora*

*3. Kraus JD (1985). Electromagnetics. New York: McGraw-Hill*

#### **Mapa IV - Métodos Matemáticos da Física**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Métodos Matemáticos da Física***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Mathematical Methods of Physics***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

F

**4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

60TP

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:***Opção 6, (obrigatória no ramo Física)***4.4.1.7. Observations:***Option 6, (compulsory in Physics branch)***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***José Manuel Pé-Curto Velhinho, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Complementar e reforçar a formação em matemática, nomeadamente em áreas necessárias à integral compreensão de tópicos clássicos e modernos de Física teórica.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Complement and reinforce mathematics training, notably in areas required for full understanding of classical and modern theoretical physics topics.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Equações diferenciais às derivadas parciais em  $R^3$* *Coordenadas cilíndricas e esféricas**Operadores diferenciais**Equação de onda**Equação de difusão**2. Introdução à geometria diferencial**Variedade**Exemplos de variedades**Campos vetoriais e espaço tangente**Curvas integrais**Formas diferenciais**Tensores e  $n$ -formas**Derivada de Lie e derivada exterior**Métrica riemanniana: conexões, geodésicas e curvatura**Geometria simplética e o formalismo Hamiltoniano da mecânica clássica**3. Noções de teoria de grupos contínuos e representações**Simetrias. Grupo ortogonal**Grupo de Lie como variedade**Álgebra de Lie**Mapa exponencial**Representações: definição e exemplos*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Differential calculus in  $R^3$*   
*Cylindrical and spherical coordinates*  
*Differential operators*  
*Wave equation*  
*Diffusion equation*  
 2. *Introduction to differential geometry*  
*Differential Manifolds*  
*Vector fields*  
*Integral curves*  
*Differential forms*  
*Tensors and n-forms*  
*Lie derivative and exterior derivative*  
*Riemannian metric, connections and curvature*  
*Symplectic geometry and Hamiltonian mechanics*  
 3. *Introduction to Lie groups and representations*  
*Symmetries. Orthogonal group*  
*Lie groups*  
*Lie algebra*  
*Exponential map*  
*Representations: definition and examples*

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

*Os conteúdos programáticos da unidade curricular foram definidos em função dos objetivos e competências a serem adquiridos pelos alunos.*

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

*The syllabus contents of the curricular unit were defined according to the objectives and skills to be acquired by the students.*

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

*As aulas serão teórico-práticas: os conteúdos teóricos expostos serão ilustrados com exemplos que permitam clarificar os conceitos, métodos e resultados apresentados. Além de um teste escrito, a avaliação inclui a realização de trabalhos pelos alunos, com apresentação e discussão.*

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

*Theoretical-practical lectures: the theoretical contents exposed will be illustrated with examples to clarify the concepts, methods and results presented. In addition to a written test, evaluation is based on projects developed by the students, including presentation and open discussion.*

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

*Uma abordagem interativa, de “aprender fazendo”, como a preconizada nas metodologias de ensino propostas, é a mais adequada para a aprendizagem do conteúdo desta UC.*

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

*An interactive, “hands-on” approach like the one proposed above is the best suited for learning the topics that form the syllabus of this UC, and to fulfill its learning outcomes.*

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

1. Arfken GB, Weber HJ, Harris FE (2012). *Mathematical Methods for Physicists*, 7th ed. New York: Academic Press
2. Braun M (1993). *Differential Equations and Their Applications*, 4th ed. New York: Springer
3. Cantrell CD (2000). *Modern Mathematical Methods for Physicists and Engineers*. New York: Cambridge University Press
4. Ramos M (2011). *Curso Elementar de Equações Diferenciais*, 3.<sup>a</sup> ed. Lisboa: Universidade de Lisboa
5. Schutz B (1999). *Geometrical methods of mathematical physics*, 7th ed. Cambridge: Cambridge University Press
6. Isham C (2003). *Modern differential geometry for physicists*, 2nd ed. Singapore: World Scientific

**Mapa IV - Física Laboratorial II****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física Laboratorial II*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Laboratory Physics II*

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

F

**4.4.1.3. Duração:**

Semestral

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

30TP+30PL

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

-

**4.4.1.7. Observations:**

-

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Jorge Manuel Maia Pereira, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

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

*Esta UC tem como objetivo principal realizar experiências nas áreas do Eletromagnetismo e Física Moderna, com vista à consolidação dos conceitos físicos previamente adquiridos em diversas áreas da Física, especialmente em Física Geral II e Introdução à Física Moderna. Também se pretende o desenvolvimento de competências de apresentação escrita e oral de resultados científicos.*

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

*This course aims to conduct experiments in the areas of Electromagnetism and Modern Physics, with a view to consolidating the previously acquired physical concepts in various areas of Physics, especially in the course units of General Physics II and Introduction to Modern Physics. It is also intended the development of skills related to the written and oral presentation of scientific results.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:***Aulas Teórico-Práticas:**(1) Explicação e demonstração de algumas experiências de Eletricidade e Magnetismo, de Ótica e de Física Moderna**Aulas Práticas de Laboratório:**(1) Introdução à instrumentação utilizada em experiências de eletricidade e magnetismo, (2) Carga elétrica, (3) Lei de Ohm, (4) Capacidade e constantes dielétricas (5) Tubo de Thompson, (6) Circuito RC, (7) Campo magnético, (8) Ótica geométrica: reflexão e refração, (9) Efeito fotoelétrico e constante de Planck, (10) Corpo negro: lei de Stefan-Boltzmann e distribuição espectral da radiação, (11) Níveis atômicos e espetros de emissão de gases.***4.4.5. Syllabus:***Theoretical-practical classes:**(1) Explanation and demonstration of some experiments of Electricity and Magnetism, Optics and Modern Physics**Laboratory practical classes:**(1) Introduction to instrumentation used in experiments on electricity and magnetism, (2) Electrical charge, (3) Ohm's law, (4) Capacity and dielectric constants (5) Thompson's tube, (6) RC circuit, (7) Magnetic field, (8) Geometrical optics: reflection and refraction, (9) Planck's constant photoelectric effect, (10) Blackbody: Stefan-Boltzmann law and spectral distribution of radiation, (11) Atomic levels and gas emission spectra.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O programa da unidade curricular permite adquirir as metodologias necessárias à realização de diversas experiências em áreas da Física. As experiências propostas não só consolidam os conhecimentos adquiridos noutras unidades curriculares, como Física Geral II e Introdução à Física Moderna, como permitem ainda testar a aprendizagem das metodologias de aquisição e tratamento de dados, análise crítica de resultados e rigorosa apresentação e discussão dos mesmos.*

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

*The syllabus of the curricular unit allows to acquire the methodologies necessary for the accomplishment of several experiments in Physics areas. The proposed experiments not only consolidate the knowledge acquired in other curricular units, such as General Physics II and Introduction to Modern Physics, but also allow to test the learning of data acquisition and processing methodologies, critical analysis of results and their rigorous presentation and discussion.*

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

*Os conteúdos teóricos da unidade curricular serão explorados principalmente através da realização de atividades práticas (aulas laboratoriais) apoiadas por uma metodologia expositiva. As aulas práticas de laboratório, além de equipamento didático tradicional, recorrerão também à utilização de modernos equipamentos didáticos informatizados. Para cada experiência realizada, os alunos deverão aplicar as competências adquiridas através da elaboração e discussão de um relatório. Uma vez que esta unidade curricular é eminentemente de índole prática, a avaliação será efetuada principalmente pela prestação e trabalhos dos alunos, com um peso na classificação final de 70 %, e por uma prova escrita, com um peso na classificação final de 30 %.*

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

*The theoretical contents of the course will be explored mainly through the realization of practical activities (laboratory classes) supported by an expository methodology. The laboratory practical classes, in addition to traditional didactic equipment, will also resort to the use of modern computerized didactic equipment. For each experiment, students should apply the skills acquired through the preparation and discussion of a report. Since this course is eminently practical, the evaluation will be made mainly by the students' performance and work, with a final grade weight of 70%, and a written test, with a final grade weight of 30%.*

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

*Trata-se de uma unidade curricular de cariz eminentemente prático, sendo as metodologias de ensino concordantes com a natureza do programa. O desenvolvimento de conhecimentos é efetuado por via de exposições teóricas, demonstrações de experiências e realização de trabalhos experimentais em laboratório, fomentando o espírito crítico, a aplicação do método científico e a criatividade.*

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

*It is an eminently practical curricular unit. According to the nature of the program, the learning process is carried out via lectures, demonstrations of experiments and experimental work in the laboratory, fostering critical thinking, the application of the scientific method and creativity.*

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

- 1 Serway RA and Jewett Jr JW (2004). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*, 6th ed. Thomson, Brooks/Coles
- 2 Bevington PR and Robinson DK (2002). *Data reduction and error analysis for physical sciences*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill
- 3 Wilson JD and Hernández-Hall C (2014). *Physics laboratory experiments*, 8th ed. Cengage Learning

**Mapa IV - Mecânica Quântica II****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Mecânica Quântica II*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Quantum Mechanics II*

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

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*60TP*

**4.4.1.6. ECTS:**

**4.4.1.7. Observações:**

*Opção 5, (obrigatória no ramo Física)*

**4.4.1.7. Observations:**

*Option 5, (compulsory in Physics branch)*

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

*Paulo Rodrigues Lima Vargas Moniz, 60 h*

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

-

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

*O objetivo principal desta unidade curricular é fornecer ao aluno alguns conhecimentos adicionais de mecânica quântica não relativista, nomeadamente sobre momento angular, métodos de aproximação e partículas idênticas. Faz-se também uma breve introdução à mecânica quântica relativista.*

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

*The main objective of this course is to provide the student with some additional knowledge of non-relativistic quantum mechanics, namely about angular momentum, approximation methods and identical particles. A brief introduction to relativistic quantum mechanics is also given.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1 *Spin e momento angular*
  - 1.1 *Spin e momento angular total*
  - 1.2 *Adição de momentos angulares*
  - 1.3 *Coefficientes de Clebsch-Gordan*
- 2 *Métodos Aproximados*
  - 2.1 *Método WKB*
  - 2.2 *Método variacional*
  - 2.3 *Métodos perturbativos independentes do tempo*
    - 2.3.1 *Métodos perturbativos em níveis não degenerados e em níveis degenerados*
    - 2.3.2 *Estrutura fina e hiperfina: efeito de Zeeman e efeito de Stark*
  - 2.4 *Métodos perturbativos dependentes do tempo*
    - 2.4.1 *Regra de ouro de Fermi*
- 3 *Sistemas de partículas idênticas*
  - 3.1 *Operadores de simetrização e de antissimetrização*
  - 3.2 *Bosões e fermiões – postulado de simetrização*
  - 3.3 *Princípio de exclusão de Pauli. Determinante de Slater*
- 4 *Introdução à mecânica quântica relativista*
  - 4.1 *Equação de Klein-Gordon*
  - 4.2 *Equação de Dirac*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1 *Spin and angular momentum*
  - 1.1 *Spin and total angular momentum*
  - 1.2 *Addition of angular momenta*
  - 1.3 *Clebsch-Gordan coefficients*
- 2 *Approximate Methods*
  - 2.1 *WKB Method*
  - 2.2 *Variational Method*
  - 2.3 *Time-independent perturbative methods*
    - 2.3.1 *Perturbative methods at non-degenerate and degenerate levels*
    - 2.3.2 *Fine and hyperfine structure: Zeeman effect and Stark effect*
  - 2.4 *Time-dependent perturbative methods*
    - 2.4.1 *Fermi's golden rule*
- 3 *Systems of identical particles*
  - 3.1 *Symmetrization and anti-symmetrization operators*
  - 3.2 *Bosons and fermions - symmetrization postulate*
  - 3.3 *Pauli exclusion principle. Slater determinant*
- 4 *Introduction to relativistic quantum mechanics*
  - 4.1 *Klein-Gordon equation*
  - 4.2 *Dirac equation*

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



*Os conteúdos programáticos foram definidos em função dos objetivos a atingir, e correspondem aos conteúdos típicos que esta UC tem em ciclos de estudo semelhantes, tanto nacionais como estrangeiros.*

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

*The syllabus was defined according to the objectives to be achieved, and correspond to the typical contents that this UC has in similar study cycles, both domestic and foreign.*

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

*As aulas são teórico-práticas; após a apresentação dos conteúdos teóricos, estes são usados em situações concretas, permitindo clarificar os métodos explanados.*

*A avaliação inclui dois testes escritos e trabalhos realizados pelos alunos.*

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

*Classes are theoretical and practical; after the theoretical contents are presented, they are used in concrete situations, clarifying the methods explained.*

*Assessment includes two written tests and student assignments.*

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

*As metodologias de ensino/aprendizagem visam o desenvolvimento integrado dos conteúdos programáticos e a concretização dos objetivos propostos.*

*Os objetivos vão sendo atingidos principalmente através da resolução de exercícios.*

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

*The teaching / learning methodologies aim at the integrated development of the syllabus and the achievement of the proposed objectives.*

*Goals are mainly achieved through resolution of exercises.*

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

1. *Bicudo P et al (2013). Mecânica Quântica, 2.ª ed. Lisboa: IST Press*
2. *Cohen-Tannoudji C, Diu B and Laloë F (1977). Quantum Mechanics, vol. 2. New York: John Wiley & Sons*
3. *Merzbacher E (1998). Quantum Mechanics, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons*
4. *Messiah A (1967). Quantum Mechanics, vol. 2. Amsterdam: North-Holland*
5. *Schiff, LI (1968). Quantum Mechanics, 3rd ed. New York: McGraw-Hill*
6. *Shankar R (2011). Principles of Quantum Mechanics, 2nd ed. New York and London: Plenum Press*

**Mapa IV - Física Estatística**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física Estatística*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Statistical Physics*

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

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*60TP*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*-*

**4.4.1.7. Observations:**

*-*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***José Manuel Pé-Curto Velhinho, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

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

- *Adquirir uma perspetiva integrada do desenvolvimento da física estatística.*
- *Compreender os fundamentos da física estatística e suas aplicações típicas.*

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

- *To acquire a global perspective of the development of the field of statistical physics.*
- *To understand the foundations of statistical physics and its typical applications.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Fundamentos da física estatística*  
*Microestados e macroestados*  
*Espaço de fases e distribuição estatística*  
*Entropia e segunda lei da Termodinâmica*  
*Ensembles e postulados*
2. *Teoria cinética elementar e fenómenos de transporte*  
*Fluxo molecular*  
*Equação de estado do gás ideal*  
*Livre percurso médio e coeficientes de transporte*  
*Calor específico de gases e sólidos*
3. *Estatística clássica e gás ideal*  
*Distribuição de Maxwell-Boltzmann*  
*Distribuição de Gibbs*  
*Equipartição de energia*  
*Gás ideal monoatômico e poliatômico*
4. *Distribuições estatísticas*  
*Estatísticas e distribuições de Bose-Einstein e de Fermi-Dirac*  
*Estatística e distribuição clássica revisitada*
5. *Sistemas quânticos*  
*Estatística e termodinâmica do oscilador harmónico quântico*  
*Radiação de corpo negro*  
*Fonões: calor específico de sólidos*  
*Gás de bosões*  
*Gás de fermiões*
6. *Introdução às transições de fase e fenómenos críticos*  
*Fases e transições de fase*  
*Parâmetro de ordem e expoentes críticos*  
*Sistemas magnéticos*  
*Modelo de Ising a uma dimensão*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Foundations of statistical physics*  
*Microstates, macrostates*  
*Phase space and statistical distribution*  
*Entropy and the second law of Thermodynamics*  
*Ensembles and postulates*
2. *Elementary kinetic theory and transport phenomena*  
*Molecular flux*  
*Ideal gas: equation of state*  
*Specific heat of gases and solids*  
*Mean free path and transport coefficients*
3. *Classical statistics and ideal gas*  
*Maxwell-Boltzmann distribution*  
*Gibbs distribution*  
*Equipartition of energy*  
*Monoatomic ideal gas*  
*Polyatomic ideal gas*
4. *Statistical distributions*  
*Bose-Einstein statistics and distribution*  
*Fermi-Dirac statistics and distribution*  
*Classical statistics and distribution*
5. *Quantum systems*  
*Statistics and thermodynamics of the quantum harmonic oscillator*  
*Black body radiation*

*Fonons: Specific heat of solids revisited*

*Boson gas*

*Fermion gas*

**6. Introduction to phase transitions and critical phenomena**

*Phase transitions*

*Order parameter and critical exponents*

*Magnetic systems*

*1-dimensional Ising model*

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

*Os conteúdos programáticos da unidade curricular foram definidos em função dos objetivos e competências a serem adquiridos pelos alunos.*

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

*The syllabus contents of the curricular unit were defined according to the objectives and competences to be acquired by the students.*

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

*Aulas teórico-práticas - Os conteúdos teóricos serão expostos através de aulas ilustradas por exemplos que permitem clarificar os conceitos, métodos e resultados apresentados. Para além de um teste escrito, a avaliação inclui a realização de trabalhos pelos alunos, com apresentação e discussão.*

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

*Mixed theory and problem solving sessions – the theoretical contents are presented and immediately illustrated by means of examples, allowing the clarification of concepts, methods and results. Besides a written test, evaluation is based on projects developed by the students, including presentation and open discussion.*

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

*Uma abordagem interativa, de “aprender fazendo”, como a preconizada nas metodologias de ensino propostas é a mais adequada para a aprendizagem do conteúdo desta UC.*

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

*An interactive, “hands-on” approach like the one proposed above is the best suited for learning the topics that form the syllabus of this UC, and to fulfill its learning outcomes.*

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

1. Callen HB (1985). *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons
2. Casquilho JP, Teixeira PIC (2011). *Introdução à Física Estatística*. Lisboa: IST Press
3. Roy BN (2002). *Fundamentals of Classical and Statistical Thermodynamics*. New York: John Wiley & Sons
4. Sears FW, Salinger GL (1979). *Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois
5. Seddon JM, Gale JD (2001). *Thermodynamics and Statistical Mechanics*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry

**Mapa IV - Física Atómica e Molecular**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física Atómica e Molecular*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Atomic and Molecular Physics*

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

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*60TP*

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

-

**4.4.1.7. Observations:**

-

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Manuel Fernando Ferreira da Silva, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***O objetivo geral desta UC é utilizar as ferramentas da mecânica quântica no estudo dos átomos e das moléculas.**No final desta UC o aluno deverá ser capaz de:*

- resolver problemas que envolvam átomos com um só eletrão
- resolver problemas que envolvam átomos com dois eletrões
- resolver problemas que envolvam átomos com muitos eletrões
- resolver problemas que envolvam moléculas

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The general objective of this CU is to use the tools of quantum mechanics in the study of atoms and molecules.**At the end of this CU the student should be able to:*

- solve problems involving one-electron atoms
- solve problems involving two-electron atoms
- solve problems involving many-electron atoms
- solve problems involving molecules

**4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Átomos com um só eletrão**(a) Equação de Schrödinger**(b) Interação com radiação eletromagnética**(c) Estrutura fina e hiperfina**(d) Interação com campos elétricos**(e) Interação com campos magnéticos**2. Átomos com dois eletrões**(a) Equação de Schrödinger**(b) Princípio de exclusão de Pauli**(c) Modelo da partícula independente**(d) Estado fundamental**(e) Estados excitados**3. Átomos com muitos eletrões**(a) Modelo do campo central**(b) Tabela periódica**(c) Métodos de Thomas-Fermi e de Hartree-Fock**(d) Interação spin-órbita**(e) Interação com radiação eletromagnética**(f) Interação com campos elétricos**(g) Interação com campos magnéticos**4. Moléculas**(a) Aproximação de Born-Oppenheimer**(b) O ião molecular H<sub>2</sub><sup>+</sup> e a molécula H<sub>2</sub>**(c) Rotação e vibração de moléculas diatómicas**(d) Estrutura das moléculas poliatómicas**(e) Espectros moleculares**(f) Ligação química***4.4.5. Syllabus:***1. One-electron atoms**(a) Schrödinger equation**(b) Interaction with electromagnetic radiation**(c) Fine and hyperfine structure**(d) Interaction with electric fields**(e) Interaction with magnetic fields**2. Two-electron atoms*

- (a) *Schrödinger equation*
- (b) *The Pauli exclusion principle*
- (c) *The independent particle model*
- (d) *Ground state*
- (e) *Excited states*
- 3. *Many-electron atoms*
  - (a) *Central field model*
  - (b) *Periodic system of the elements*
  - (c) *The Thomas-Fermi and Hartree-Fock methods*
  - (d) *Spin-orbit interaction*
  - (e) *Interaction with electromagnetic radiation*
  - (f) *Interaction with electric fields*
  - (g) *Interaction with magnetic fields*
- 4. *Molecules*
  - (a) *The Born-Oppenheimer approximation*
  - (b) *The molecular ion H<sub>2</sub><sup>+</sup> and the molecule H<sub>2</sub>*
  - (c) *The rotation and vibration of diatomic molecules*
  - (d) *The structure of polyatomic molecules*
  - (e) *Molecular spectra*
  - (f) *Chemical bonding*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os conteúdos programáticos estão em correspondência de um para um com os objetivos de aprendizagem.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The curricular unit's objectives are in one-to-one correspondence with the syllabus topics.*

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

*As aulas são teórico-práticas; após a apresentação dos conteúdos teóricos, estes são usados na análise de casos concretos, permitindo clarificar os métodos explanados.  
 A avaliação inclui testes escritos e trabalhos realizados pelos alunos, com apresentação e discussão.*

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

*Mixed sessions, which include theory and problem-solving: after presenting the theoretical contents, these are used in the analysis of concrete cases, allowing clarification of the methods explained.  
 Assessment includes written tests and assignments by students, with presentation and discussion.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Uma abordagem interativa, de “aprender fazendo”, como a preconizada nas metodologias de ensino propostas é a mais adequada para a aprendizagem do conteúdo desta UC.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*An interactive, “hands-on” approach like the one proposed above is the best suited for learning the topics that form the syllabus of this CU, and to fulfill its learning outcomes.*

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

1. Blatt FJ (1992). *Modern Physics*. New York: McGraw-Hill
2. Born M (1986). *Física Atómica*, 4.ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian
3. Bransden BH, Joachain CJ (2003). *Physics of Atoms and Molecules*, 2nd ed. Essex: Pearson Education
4. Fano U, Fano L (1972). *Physics of Atoms and Molecules*. Chicago: The Univ. of Chicago Press
5. Foot CJ (2005). *Atomic Physics*. Oxford: Oxford Univ. Press
6. Haken H, Wolf HC (2004). *The Physics of Atoms and Quanta*, 7th ed. Berlin: Springer
7. Pilar FL (1990). *Elementary Quantum Chemistry*, 2nd ed. New York: Dover

#### Mapa IV - Astronomia e Astrofísica

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Astronomia e Astrofísica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Astronomy and Astrophysics*

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

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

60TP

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:***Opção 1, Opção 2, (obrigatória no ramo Física e Química)***4.4.1.7. Observations:***Option 1, Option 2, (compulsory in Physics and Chemistry branch)***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***João Pedro de Jesus Marto, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***O objetivo da UC é fornecer conhecimentos teóricos e práticos de astronomia e astrofísica.**No final da UC o estudante deverá ser capaz de analisar, compreender e descrever matematicamente alguns fenómenos elementares da astrofísica e possuir competências no manuseamento de equipamento astronómico.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The objective of this CU is that students acquire theoretical and practical knowledge of physical concepts concerning astronomy and astrophysics.**A student completing this CU should be able to identify, interpret and analyze elementary physical situations found in astrophysics. In addition, the student will learn skills associated with the use of astronomical instruments.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1) Observação e telescópios**(a) Ondas eletromagnéticas e o espetro eletromagnético**(b) Tipos de telescópios**(c) Montagens azimutal versus equatorial dos telescópios**(d) Elementos de astrometria e astronomia esférica**2) Gravitação e leis de Kepler**3) O sistema solar**(a) Origem do sistema solar**(b) Os planetas terrestres e sua estrutura interna**(c) Planetas jovianos**(d) Outros objetos no sistema solar**4) O sol e as estrelas**(a) Espectro estelar e classificação das estrelas**(b) Radiação de origem astronómica**(c) Estrutura do sol como modelo de estrela**(d) Reações nucleares nas estrelas**(e) Ciclo de vida das estrelas: dos infantários de estrelas à formação de buracos negros**(f) Estrelas binárias**5) Galáxias**(a) Galáxias elípticas**(b) Galáxias espirais**(c) O grupo local e aglomerados de galáxias**(d) Evidências da matéria escura***4.4.5. Syllabus:***1) Observation and telescopes**(a) Electromagnetic (EM) waves and EM spectrum**(b) Types of telescopes**(c) Azimuthal versus equatorial telescope mounts**(d) Elements of astrometry and spherical astronomy**2) Gravitation and Kepler laws**3) Solar system*

- (a) *Origin of the solar system*
- (b) *Terrestrial planets and their inner structure*
- (c) *Jovian planets*
- (d) *Other objects in the solar system*
- 4) *The Sun and the stars*
  - (a) *Stellar spectrum and the classification of stars*
  - (b) *Astronomical radiation*
  - (c) *The sun as a model of stellar structure*
  - (d) *Nuclear reactions in stars*
  - (e) *Life cycle of a star: from the birth to the formation of black holes*
  - (f) *Binary stars*
- 5) *Galaxies*
  - (a) *Elliptical galaxies*
  - (b) *Spiral galaxies*
  - (c) *The local group and galaxy clusters*
  - (d) *Dark matter evidences*

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

*De modo a proporcionar o cumprimento dos objetivos da unidade curricular de adquirir conceitos básicos de astronomia e astrofísica, os conteúdos programáticos são definidos numa sequência que é a mais consensual na elaboração dos manuais bibliográficos de introdução à astronomia e astrofísica clássicos. Assim, a escolha dos temas, e a sua profundidade, refletem um estudo dos principais manuais disponíveis e a sua orientação para um curso de 1.º ciclo em física.*

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

*In order to fulfill the curricular unit's objectives, the contents are structured in a way that is widely accepted in the preparation of astronomy and astrophysics introductory books. Therefore, the choice of the subjects, and their depth, is based on the analysis of the main bibliography suitable for a 1st cycle degree in physics.*

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

*Esta UC tem a duração de um semestre letivo, envolvendo 60 horas de contacto com a equipa docente, 100 horas de trabalho autónomo e 8 horas para avaliação (total: 168 horas). As aulas estão organizadas em aulas teórico-práticas (TP): exposição dos conteúdos programáticos, apresentação de problemas de pequena dimensão e simulação computacional, aplicação dos conteúdos programáticos através da resolução de problemas práticos, e participação em aulas de demonstração com recurso a equipamento científico.*

*A avaliação é realizada em duas fases:*

- *Avaliação contínua: 2 testes teórico-práticos ao longo do semestre letivo*
- *Exame final (com parte teórica e parte prática) para os alunos admitidos.*

*Métodos e Critérios de Avaliação*

*A classificação de ensino-aprendizagem (CEA) consiste em:*

- *2 testes escritos com 100% da CEA*
- *A assiduidade será controlada e é condição de admissão ao exame final, se os alunos frequentarem pelo menos 75% das aulas.*

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

*This one-semester course consists of 60 hours of contact with the teaching team, 100 hours of autonomous work and 8 hours for evaluation (total: 168 hours). The course is structured with practical classes (TP): exposition of the subjects of the course, presentation of small practical examples and computational simulations, application of theoretical concepts to solve practical problems, and participation in demonstration classes where we make use of scientific instruments.*

*Evaluation is performed in two phases:*

- *Continuous evaluation: 2 theoretical and practical tests throughout the semester*
- *Final exam (with theoretical and practical part) for admitted students.*

*Assessment methods and criteria*

- *2 written exams will form 100% of the assessment grade*
- *The duty of assiduity will be checked and will constitute a necessary condition to access the final exam if the student is present in, at least, 75% of the classes.*

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

*De modo a proporcionar o cumprimento dos objetivos da unidade curricular de adquirir conceitos básicos de astronomia e astrofísica, o método de ensino é dividido em 3 componentes. Em primeiro lugar, discute-se com os alunos as bases experimentais e os fenómenos que se pretendem enquadrar na teoria física. Em segundo lugar, incentiva-se o aluno a resolver problemas usando as leis matemáticas definidas nessa teoria física. Finalmente, numa terceira etapa, incentiva-se os alunos a proceder a simulações computacionais, a participar em aulas de demonstração laboratorial, de modo a testar e visualizar a resolução de problemas práticos.*

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

*To fulfill the curricular unit's objectives, the teaching methodology is divided into 3 steps. Firstly, the students will participate in a discussion about the experimental foundations and phenomena of a specific physical theory. Secondly, the students are stimulated to solve problems by means of the mathematical laws defined in that physical theory.*

*Finally, in a third step, students will perform computer simulations, participate in laboratory demonstration classes, aiming to test and visualize the resolution of practical problems.*

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

1. Jain P (2015). *An Introduction to Astronomy and Astrophysics*. Boca Raton, FL: CRC Press
2. Zombeck MV (2007). *Handbook of Space Astronomy and Astrophysics*, 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press
3. Karttunen H et al (2017). *Fundamental Astronomy*, 6th ed. Springer

**Mapa IV - Fusão Nuclear****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fusão Nuclear*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Nuclear Fusion*

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

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*60TP*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*Opção 1, Opção 2*

**4.4.1.7. Observations:**

*Option 1, Option 2*

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

*Santiago David Armando Reyes Cortes, 60 h*

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

*-*

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

*Introduzir conceitos básicos na área da Fusão Nuclear Controlada. Descrição física de um plasma de fusão. Conhecimentos básicos de dispositivos experimentais (Tokamaks) destinados à obtenção de reações de fusão nuclear. Impacto desta tecnologia, no âmbito das necessidades energéticas do planeta para o futuro.*

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

*Knowledge of fundamental concepts on the subject of Controlled Nuclear Fusion. Physical description of fusion plasmas. Give a physical insight on experimental devices (Tokamaks) capable of nuclear fusion reactions. Impact of this technology in the framework of the future world energetic needs.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Plasmas em Tokamaks*
2. *Blindagem de Debye, frequência de plasma e órbitas de Larmor*
3. *Movimento de partículas carregadas em campos elétricos e magnéticos*
4. *Deriva de partículas*
5. *Resistividade do plasma*
6. *Ondas em plasmas*
7. *Fusão termonuclear, Tokamaks e reações de fusão*
8. *Fundamentos de equilíbrio e confinamento em Tokamaks*



**4.4.5. Syllabus:**

1. Tokamak plasmas
2. Debye shielding, plasma frequency and Larmor orbit
3. Kinematics of charged particles in electric and magnetic fields
4. Particle drifts
5. Plasma resistivity
6. Plasma waves
7. Thermonuclear fusion, Tokamaks and fusion reactions
8. Fundamentals of equilibrium and confinement in Tokamaks

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

*Os conteúdos programáticos pretendem introduzir os fundamentos de um plasma de fusão e os dispositivos experimentais que permitem estudar estes fenómenos. Adicionalmente, pretende-se realçar a importância dos conhecimentos adquiridos, na procura de uma nova forma de energia alternativa.*

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

*The syllabus aims to introduce basic concepts of a fusion plasma, as well as the experimental devices where it is possible the study of this phenomena. Additionally, it is highlighted the importance of this knowledge in the search for new alternative ways to produce energy.*

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

*Aulas sobre conceitos teóricos e aulas teórico-práticas para consolidar os aspetos teóricos. Trabalhos de pesquisa sobre o tema fusão nuclear controlada. Visita de estudo a máquinas do tipo Tokamak (ISTTOK-IST, Lisboa)  
A avaliação é feita por meio de testes e trabalhos de pesquisa.*

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

*Classroom lectures on theoretical and practical subjects. Review written work on the controlled nuclear fusion field  
Assessment of objectives are done through written test examination and review works.*

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

*A metodologia de ensino/aprendizagem visa conseguir de uma maneira estruturada os objetivos finais em termos de conhecimentos que o estudante deverá atingir.*

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

*The teaching/learning process aims to suit, in a structured way, the final goals that the student should acquire.*

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

1. Wesson, J. (1984). Tokamaks. Oxford: Clarendon Press
2. Chen, F. (2016). Introduction to plasma physics and controlled fusion. Springer

**Mapa IV - Campos Eletromagnéticos em Sistemas Biológicos****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Campos Eletromagnéticos em Sistemas Biológicos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Electromagnetic Fields in Biological Systems*

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

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*30T+30PL*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:***Opção 1, Opção 2, Opção 5***4.4.1.7. Observations:***Option 1, Option 2, Option 5***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Luis José Maia Amoreira, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta unidade curricular o estudante deverá saber:*

- *Analisar e interpretar as influências nocivas e benéficas dos campos e ondas eletromagnéticas sobre o corpo humano*
- *Descrever os fenómenos inerentes ao campo eletromagnético*
- *Enumerar e discernir os tipos de equipamentos utilizados em electromedicina*
- *Descrever e enumerar os mecanismos e efeitos da radiação eletromagnética nos sistemas biofísicos*
- *Conhecer as regras e linhas de ação internacionais de proteção contra os efeitos nocivos da exposição às radiações eletromagnéticas*
- *Saber formar e integrar equipas multidisciplinares com médicos*
- *Promover e desenvolver estudos, individualmente e em equipa*

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***At the end of this curricular unit the student should be able to:*

- *Analyze and interpret the harmful and beneficial influences of electromagnetic fields and waves on the human body*
- *Describe the phenomena inherent to the electromagnetic field*
- *List and discern the types of equipment used in electromedicine*
- *Describe and enumerate the mechanisms and effects of electromagnetic radiation in biophysical systems*
- *Interpret and compare the international rules and lines of action to protect against the harmful effects of exposure to electromagnetic radiation*
- *Integrate multidisciplinary teams with doctors*
- *Promote and develop studies, individually and as a team*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Eletromagnetismo - Revisão*
2. *Propagação de radiação na matéria - absorção e difusão*
3. *Taxa de absorção específica (SAR); equação do balanço biotérmico*
4. *Efeitos para a saúde humana da exposição a campos eletromagnéticos e regulamentos de proteção relativamente aos riscos associados a esses efeitos*
5. *Espetrómetro de massa e ciclotrão*
6. *Ressonância magnética*
7. *Terapia com micro-ondas*
8. *Equilíbrio eletroquímico nas membranas celulares*
9. *Propagação de sinais nervosos ao longo dos axónios neuronais*
10. *Bioeletricidade*
11. *Condução magnética de nanopartículas*
12. *Estimulação magnética transcraniana*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Review of electromagnetism*
2. *Radiation propagation in matter - absorption and scattering*
3. *Specific Absorption Rate (SAR). The bioheat equation*
4. *Human health effects of electromagnetic field exposure and regulations for the protection against its hazards*
5. *Mass spectrometer and cyclotron*
6. *Magnetic resonance*
7. *Microwave therapy*
8. *Electrochemical equilibrium in cell membranes*
9. *Nervous signal propagation on axons*
10. *Bioelectricity*
11. *Magnetic conduction of nanoparticles*
12. *Transcranial magnetic stimulation*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Os conteúdos programáticos incluem uma secção de revisão de conceitos básicos de eletromagnetismo e de interação dos campos com os tecidos biológicos, necessário para a compreensão dos tópicos seguintes, que incidem sobre*

*manifestações dessas interação ou aplicações biomédicas dos campos eletromagnéticos.*

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

*The syllabus starts with a review section of basic concepts of electromagnetism and field interactions with biological tissues, needed for the understanding of the following topics, which focus on manifestations of these interactions or present day biomedical applications of electromagnetic fields.*

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

*Os conteúdos programáticos são expostos e discutidos com os alunos nas aulas de tipo T; nas aulas de tipo PL é feita a resolução e discussão de problemas de aplicação e realizados trabalhos laboratoriais pelos alunos. A avaliação é feita com um teste escrito, com o desempenho dos alunos nos trabalhos laboratoriais e tem ainda uma componente relativa a um trabalho escrito de pesquisa feito em grupo.*

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

*The syllabus contents are exposed and discussed with the students in theoretical lessons; in laboratory lessons the students solve and discuss application problems and perform laboratory experiments. The assessment is based on a written test, on the student's performance in the laboratory and also on a group written essay.*

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

*As metodologias de ensino adotadas nas aulas teóricas e práticas enquadram-se nos objetivos desta unidade curricular, tendo em atenção que englobam uma componente científica e uma componente tecnológica. A componente científica da unidade curricular pretende conferir ao estudante uma base de conhecimento sólida, conferindo-lhe uma autonomia nos processos de análise e desenvolvimento. Com a componente tecnológica pretende-se que o estudante fique a par das tecnologias atuais e que através da análise dessas soluções esteja aberto a novas possibilidades.*

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

*The teaching methodologies adopted in the theoretical and practical classes fit the objectives of this curricular unit, taking into account that they include a scientific component and a technological component. The scientific component of the curricular unit aims to give the student a solid knowledge base and to strengthen his or her autonomy in the processes of analysis and development. With the technological component, students are expected to stay up to date of current technologies and that, through the analysis of these solutions, be alert to new possibilities.*

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

1. Lin JC [Ed.] (2012). *Electromagnetic Fields in Biological Systems*. CRC Press
2. Habash RWY (2008). *Bioeffects and therapeutic applications of electromagnetic energy*. CRC Press
3. Barnes FS and Greenebaum B [Eds.] (2007). *Bioengineering and Biophysical Aspects of Electromagnetic Fields*. CRC Press
4. Krawczyk A et al (2007). *Electromagnetic Field, Health and Environment, EHE'07, Wroclaw, Poland*

**Mapa IV - Fotónica Biomédica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fotónica Biomédica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Biomedical Photonics*

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

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*30T+30PL*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

**Opção 1, Opção 2, Opção 5****4.4.1.7. Observations:***Option 1, Option 2, Option 5***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Paulo Torrão Fiadeiro, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Esta unidade curricular tem como objetivos principais introduzir os princípios físicos fundamentais da ótica geométrica e da ótica física, e aplicar os conhecimentos adquiridos ao estudo de meios biológicos e ao diagnóstico médico baseado em radiações não ionizantes.**No final desta unidade curricular, o aluno deverá ser capaz de:*

- descrever, analisar e interpretar fenómenos da ótica física e da interação entre a luz e os tecidos biológicos
- fazer a ligação entre esses fenómenos e diversas técnicas de diagnóstico ótico biomédico.

*Preende-se ainda que o aluno saiba preparar e realizar experiências laboratoriais e trabalhar em equipa para levar os conhecimentos adquiridos à prática, mostrando compreender as potencialidades e limitações de cada método.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The main goals of this course unit are the introduction of optical geometrical and physical optics principles and their applications to the study of biological tissues and to nonionizing radiation based medical diagnosis.**By the end of this course unit the student should be able to:*

- describe, analyse, and interpret the physical optics phenomena as well as the interaction of light with biological tissue
- make the connection between the phenomena and several biomedical optics diagnostic techniques.

*This course unit intends also to give to the student the ability to prepare and to carry out laboratorial experiments and to work in team in order to apply the acquired knowledge and skills to practice, showing a good understanding of the potentialities and limitations of each method.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***Aulas TP:**1 Fundamentos de Ótica Geométrica**Reflexão e refração**Formação de imagem em componentes óticos**Instrumentos óticos**2 Fundamentos de Ótica Ondulatória**Interferência**Difração**Polarização**3 Introdução à Ótica Dos Tecidos Biológicos**Absorção, dispersão e luminescência**Propagação da luz em meios túrbidos**Medição de parâmetros óticos de tecidos biológicos**Propagação de luz pulsada e polarizada**Ondas difusas de densidade de fótons**Efeitos fototérmico e fotoacústico**Desenho e construção de fantomas**4 Fibras Óticas**Transmissão da luz em fibras óticas**Técnicas de fabrico**Fibras especiais para luz visível, UV e IV**Endoscopia**Sensores de fibra ótica**5 Aplicações da Fotónica Biomédica**Tomografias ótica, fotoacústica e de coerência ótica**Microscopia holográfica digital**Imagiologia polarimétrica**Oftalmoscopia de varrimento laser**Espectroscopia de fluorescência**Aulas Lab:**Ótica geométrica e ondulatória**Propagação da luz em tecidos biológicos**Fibras óticas**Aplicações da fotónica biomédica***4.4.5. Syllabus:**

**Classes TP:****1 Geometrical Optics***Reflection and refraction**Image formation in optical instruments**Optical instruments***2 Wave Optics***Interference**Diffraction**Polarization***3 Introduction To Tissue Optics***Scattering, absorption and luminescence**Light propagation in turbid media**Optical parameter measurement in biological tissues**Propagation of pulsed and polarized light**Diffuse photon density waves**Photothermal and photoacoustic effects**Design and construction of tissue phantoms***4 Optical Fibers***Propagation of light in optical fibres**Fabrication techniques**Optical fibres for visible, UV and IR light**Endoscopy**Optical fibre sensors***5 Application of Biomedical Photonics***Optical, Photoacoustic and Optical coherence tomography**Digital holographic microscopy**Polarimetric imaging techniques**Scanning laser ophthalmoscopy**Fluorescence**Spectroscopy***Classes Lab:***Geometrical and Wave optics**Light propagation in biological media**Optical fibres**Applications of biomedical photonics***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os 2 primeiros capítulos permitem compreender as propriedades da luz e a sua propagação e interação com a matéria. Estes conceitos são indispensáveis para a compreensão das fontes de luz, dos métodos de deteção e da formação de imagem nos sistemas óticos, dos sistemas de entrega e de recolha de feixes luminosos que compõem diversos equipamentos de diagnóstico e investigação biomédica.*

*Permitem ainda compreender como as propriedades da luz podem ser usadas para sondar diferentes tecidos biológicos.*

*Os 3 últimos capítulos fazem a ponte entre estes conhecimentos e as técnicas mais utilizadas em fotónica biomédica, abordando a interação luz-tecidos biológicos, e os efeitos fototérmicos e fotoacústicos. No capítulo “aplicações da fotónica biomédica” são postos à prova os conceitos adquiridos e o carácter interdisciplinar da fotónica biomédica, em que se pressupõe uma formação transversal na área das ciências da vida, das tecnologias de informação, e da instrumentação eletrónica.*

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

*The first 2 chapters allow the understanding of light properties and its propagation and interaction with matter.*

*These concepts are crucial for the understanding of light sources, detection methods and image formation in optical systems, delivery systems and collection optics that integrate most biomedical equipments for research and diagnosis. It also enables to understand how light properties can be used to probe different biological tissues.*

*The last 3 chapters link these concepts to the most commonly used techniques in biomedical photonics, focusing on interaction between light and biological tissues, and the photothermal and photoacoustic effects.*

*The last chapter is the culmination of this learning process, where concepts previously acquired, as well as the interdisciplinary character of Biomedical Photonics, is challenged, as it comprises a multidisciplinary training philosophy that cover the areas of life sciences, information technology and electronic instrumentation.*

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

*As atividades de ensino/aprendizagem compreendem aulas teórico-práticas e aulas práticas laboratoriais.*

*Para além destas, os alunos adquirem as competências definidas através de atividades programadas “online”, utilizando a plataforma Moodle, e outro tipo de interatividades baseada em “peer instruction”.*

*No final, o aluno deve ser capaz de reconhecer os princípios físicos subjacentes aos fenómenos óticos e a sua aplicação a um leque variado de técnicas de diagnóstico no âmbito da fotónica biomédica.*

*Em relação à componente prática laboratorial, há uma diversidade de experiências com componente didática e demonstrações com equipamento moderno integrado em atividades de investigação em curso no Centro de Ótica da UBI Relativamente à avaliação, a nota final será calculada recorrendo à seguinte fórmula:*

*NF = 0,3xNT + 0,65xNFE + 0,05xPAR, onde*

*NT – nota de 6 trabalhos em grupo e respetivos relatórios*

*PAR – participação nas aulas*

*NFE – nota da frequência*  
*Assiduidade mínima: 50%.*

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

*The teaching/learning activities include practical classes and laboratory classes.*

*Besides the class work, students acquired the competences through e-learning based scheduled activities, using the Moodle platform and other types of activities such as "peer instruction".*

*In the end, students should be able to recognize the physical principles underlying the optical phenomena and their application to a wide range of diagnostic techniques in the context of biomedical photonics.*

*Regarding laboratory practice, there is a diversity of experimental activities as well as of demonstrations with modern equipment used for research activities in the Optics Centre of UBI.*

*Regarding assessment, the final grade is calculated using the following formula:*

*$NF = 0,3xNT + 0,65xNFE + 0,05xPAR$ , where*

*NT – evaluation of 6 experimental activities and reports*

*PAR – participation in classes*

*NFE – knowledge assessment using a written test. Minimum assiduity: 50%.*

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

*A aquisição de conhecimentos sobre os princípios da ótica física e da sua aplicação a métodos de diagnóstico e estudo em biomedicina é efetuada através da descrição de conceitos, princípios e exemplos nas aulas teórico-práticas, que são posteriormente consolidados através de autoestudo, realização de teste escrito, trabalhos práticos de laboratório e resolução de problemas.*

*O peso atribuído à componente prática de laboratório visa reforçar a capacidade de trabalho de equipa, de resolução de problemas, de aprendizagem orientada por objetivos, bem como estimular o espírito crítico e a criatividade do aluno.*

*O cumprimento dos objetivos da unidade curricular será comprovado através dos resultados obtidos nas diversas atividades direcionadas para o aluno.*

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

*The acquisition of knowledge about the principles of optical physics and its application to methods of diagnostic and research in biomedicine is accomplished through the description of concepts, principles and examples in the practical classes, which are then consolidated through selfstudy, written tests, practical laboratory work and problem solving. The weight given to the laboratory practical component aims to focus on teamwork skills, problem solving, learning oriented*

*goals, and to stimulate critical thinking and creativity.*

*The achievement of course objectives will be assessed through the results obtained in the various activities directed to the student.*

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

1. Hecht E (1991). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian
2. VoDinh T [Editor] (2003). Biomedical Photonics. CRC Press
3. Tuchin V (2007). Tissue Optics, 2th edition: SPIE Press

### Mapa IV - Processamento de Sinal e Imagem

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Processamento de Sinal e Imagem*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Signal and Image Processing*

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

*F*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*30T+30PL*

#### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

**4.4.1.7. Observações:***Opção 1, Opção 2***4.4.1.7. Observations:***Option 1, Option 2***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Manuel Gonçalves Pinheiro, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

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

- *Compreender as características dos Sinais Temporais Contínuos e Discretos*
- *Compreender os Sinais Contínuos e Discretos representados em Frequência*
- *Projetar Filtros Analógicos e Digitais*
- *Analisar e processar Sinais Aleatórios*
- *Compreender a representação e as características de imagem*
- *Compreender as técnicas de Processamento e Análise de Imagem*
- *Compreender as técnicas de caracterização e reconhecimento da informação.*

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

- *To understand the characteristics of Continuous and Discrete Time Signals*
- *To understand the Continuous and Discrete Time Signals represented on the Frequency domain*
- *To design Analogue and Discrete Filters*
- *To process and analyse random signals*
- *To understand the Image Processing and Analysis techniques*
- *To understand the information classification and recognition models*
- *To understand the signal modulation and demodulation models.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Sinais Contínuos e Sinais Discretos (Representação de Sinais, Sistemas Lineares e Invariantes no Tempo, Representação Temporal e em Frequência, Amostragem)*
2. *Filtros (Diagramas de Bode, Filtros de Sinais Contínuos, Filtros de Sinais Digitais - IIR e FIR)*
3. *Sinais Aleatórios (Noção de Sinal Aleatório, Sinais Estocásticos, Processos Ergódicos, Sinais Estacionários, Funções de Correlação e Espectral de Potência, Filtros de Wiener e de Kalman)*
4. *Processamento e Análise de Imagem (Aquisição e Representação de Imagem, Convolução espacial e Filtragem de Imagem, Transformadas Bidimensionais, Análise Espectral de Imagem, Filtragem, FIR bidimensionais, Morfologia de Imagem Binária e Multinível, Técnicas básicas de Análise de Imagem, Detetores de Limiares, Segmentação de Imagem, Descrição de Imagem, Filtros estimadores bidimensionais - de Wiener e de Kalman)*
5. *Reconhecimento de Padrões (Caraterização de Sinais e Imagem, Técnicas de Classificação).*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Continuous and Discrete Signals (Signal Representation, Linear and Invariant Systems in Time, Temporal and Frequency Representation, Sampling)*
2. *Filters (Bode Diagrams, Continuous Signal Filters, Digital Signal Filters - IIR and FIR)*
3. *Random Signals (Random Signal Notion, Stochastic Signals, Ergodic Processes, Stationary Signals, Correlation and Power Spectrum Functions, Wiener and Kalman Filters)*
4. *Image Processing and Analysis (Image Acquisition and Representation, Spatial Convolution and Image Filtering, Two-dimensional Transforms, Spectral Image Analysis, Filtering, Two-dimensional FIR, Binary and Multilevel Image Morphology, Basic Image Analysis Techniques, Image Detectors Thresholds, Image Segmentation, Image Description, Wiener and Kalman Two-dimensional Estimator Filters)*
5. *Pattern Recognition (Signal and Image Characterization, Classification Techniques).*

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

- Analisando os conteúdos programáticos e os objetivos desta unidade curricular verifica-se que os estudantes irão:*
- *Adquirir conhecimentos consolidados no domínio do processamento e análise de sinais e imagens*
  - *Desenvolver modelos de processamento de sinais bem como da sua análise e compreensão*
  - *Desenvolver modelos de processamento de imagens bem como da sua análise e compreensão.*

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

- From the program and objectives analysis results in the conclusion that students will gain:*
- *A consolidated knowledge on the Sinals and Images processing and analysis technology*
  - *The ability for development and analysis of signal processing models*
  - *The ability for development and analysis of image processing models.*

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

- 1) *Aulas Teóricas orientadas para o ensino das técnicas de processamento e análise de sinais e imagens, complementadas com a implementação e simulação de modelos usando Matlab*
  - 2) *Aulas Práticas com implementação de diferentes projetos: - Filtro analógico - Filtros digitais com recurso ao uso de microprocessadores - Sistema de análise e reconhecimento de imagem*
  - 3) *Apresentação individual de trabalhos sobre estado da arte num subdomínio à escolha*
  - 4) *Avaliação da disciplina: NF=0.6 NE+0.4 NT*
- NE – Nota do teste escrito (Frequência ou Exame). Aprovação só com NE $\geq$ 9.5 valores*  
*NT – Nota dada pela média ponderada dos diferentes trabalhos laboratoriais e apresentação. Aprovação só com NT $\geq$ 9.5 valores.*

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

- 1) *Theoretical classes based on the Signal and Image processing and analysis concepts, complemented with Matlab applications examples*
  - 2) *Practical classes for project design and implementation:*
    - *Analogic Filter*
    - *Digital Filter using microprocessors*
    - *Image Analysis and recognition system*
- Individual presentation on the state of the art of related subject*
- 3) *Course Evaluation:*
    - a. *NF=0.6 NE+0.4 NT*
    - b. *NE – Mark of the Written Proof (Test or Exam) - Approval requires NE $\geq$ 9.5 out of 20*
    - c. *NT – Resulting mark from the weighted mean of the different laboratory projects and presentation - Approval requires NT $\geq$ 9.5 out of 20.*

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

- As aulas teóricas são complementadas com aulas práticas onde:*
- *Os conceitos teóricos são complementados usando exemplos implementados em Matlab demonstrativos*
  - *Os estudantes realizam projetos baseados em desenvolvimento de sistemas eletrónicos e programação (assembly ou C, e matlab), dependendo do projecto*
- Além disso, é obrigatória a realização de uma apresentação sobre um tema à escolha do estado da arte de um domínio.*

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

- The theoretical classes are complemented with Laboratory classes were:*
- *The theoretical concepts are studied using Matlab demonstrative programs*
  - *Students achieve projects based on hardware and Software (matlab or assembly/C, depending of the project)*
- Moreover, each student also has a mandatory presentation on the state of the art of a subject on signal or image processing.*

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

1. *Haykin S and Van Veen B (2003). Signals and Systems, 2nd ed. Wiley*
2. *Hayes MH (1996). Statistical Digital Signal Processing and Modeling. Wiley*
3. *Pratt WK (2001). Digital Image Processing, 3rd ed. Wiley*
4. *Shapiro LG and Stockman GC (2001). Computer Vision. Prentice Hall*
5. *Proakis JG and Manolakis DG (1996). Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, 4th ed. Prentice Hall*
6. *Oppenheim AV and Willsky AS (1997). Signals & Systems, 2nd ed. Prentice Hall*
7. *Woods JW (2006). Multidimensional Signal, Image and Video Processing and Coding. Academic Press*
8. *Duda RO, Hart PE and Stork DG (2000). Pattern Classification, 2nd ed. Wiley*
9. *Theodoridis S and Koutroumbas K (2009). Pattern Recognition, 4th ed. Academic Press*
10. *Girod B, Rabenstein R and Stenger A (2001). Signals and Systems. Wiley*
11. *Gray RM and Davisson LD (2004). Introduction to Statistical Signal Processing. Cambridge Univ. Press*
12. *Scharf L (1991). Statistical Signal Processing. Addison Wesley*

**Mapa IV - Equações diferenciais****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Equações diferenciais*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Differential Equations*

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

*M*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*



**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

60TP

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:***Opção 1, Opção 2***4.4.1.7. Observations:***Option 1, Option 2***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Mário Júlio Pereira Bessa da Costa, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

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

- (i) Apreender alguns conceitos e resultados fundamentais da teoria das equações diferenciais ordinárias e parciais*
- (ii) Utilizar resultados da teoria das equações diferenciais ordinárias para analisar equações ou sistemas de equações diferenciais ordinárias*
- (iii) Apreender e utilizar alguns resultados introdutórios da teoria das equações diferenciais parciais, com incidência nas equações das ondas, do calor e de Laplace*
- (iv) Analisar e compreender demonstrações matemáticas*
- (v) Comunicar, escrita e oralmente, utilizando linguagem matemática*

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

- (i) To understand concepts and fundamental results from the theory of ordinary and partial differential equations*
- (ii) To use results from ordinary differential equations theory to analyse equations or systems of ordinary differential equations*
- (iii) To understand and to use some results from partial differential equations theory, with incidence in the wave, heat and Laplace equations*
- (iv) To analyse and understand mathematical proofs*
- (v) To communicate using mathematical language, written and orally*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1 Equações diferenciais*
- 1.1 Generalidades e interpretação geométrica*
- 1.2 Equações diferenciais com variáveis separáveis*
- 1.3 Equações diferenciais lineares escalares*
- 1.4 Equações diferenciais exatas*
- 1.5 Equações diferenciais de ordem superior*
- 1.6 Método dos coeficientes indeterminados*
- 2 Equações diferenciais lineares*
- 2.1 Equações diferenciais lineares no plano*
- 2.2 Exponencial de matrizes*
- 2.3 Forma canónica de Jordan*
- 2.4 Fluxo de uma equação diferencial linear*
- 2.5 Equações diferenciais lineares não homogéneas*
- 3 Equações diferenciais não lineares em  $\mathbb{R}^n$*
- 3.1 Fluxo de uma equação diferencial não linear*
- 3.2 Existência e unicidade de solução*
- 3.3 Dependência contínua de condições iniciais e parâmetros*
- 3.4 Diferenciabilidade do fluxo*
- 3.5 Estabilidade local*
- 4 Equações diferenciais parciais*
- 4.1 Equações lineares e princípio de sobreposição*
- 4.2 Equação do calor e método de Fourier*
- 4.3 Equação de Laplace*
- 4.4 Equação das ondas e fórmula de d'Alembert*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1 Differential equations
  - 1.1 Generalities and geometric interpretation
  - 1.2 Differential equations with separable variables
  - 1.3 Scalar linear differential equations
  - 1.4 Exact differential equations
  - 1.5 Differential equations of higher order
  - 1.6 Method of undetermined coefficients
- 2 Linear differential equations
  - 2.1 Linear differential equations in the plane
  - 2.2 Exponential of matrices
  - 2.3 Jordan canonical form
  - 2.4 Flow of a linear differential equation
  - 2.5 Non homogeneous linear differential equations
- 3 Non-linear differential equations in  $\mathbb{R}^n$ 
  - 3.1 Flow of a non-linear differential equation
  - 3.2 Existence and uniqueness of solution
  - 3.3 Continuous dependence on initial conditions and parameters
  - 3.4 Differentiability of the flow
  - 3.5 Local stability
- 4 Partial differential equations
  - 4.1 Linear equation and principle of superposition
  - 4.2 Heat equation and Fourier method
  - 4.3 Laplace equation
  - 4.4 Wave equation and d'Alembert formula

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

*Nos vários capítulos 1 a 3 são apresentados conceitos e resultados fundamentais da teoria de equações diferenciais ordinárias, incluindo alguns métodos de resolução das equações e alguns aspetos relacionados com a análise qualitativa – objetivos de aprendizagem (o.a.) (i) e (ii). No capítulo 4 introduzem-se as equações diferenciais parciais lineares e obtêm-se soluções das equações das ondas, do calor e de Laplace em casos simples – o.a. (iii). A maioria dos resultados discutidos serão demonstrados e para os outros será indicada a ideia subjacente à demonstração – o.a. (iv) – e será sempre promovido o uso correto de linguagem matemática – o.a. (v).*

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

*In chapters 1 to 3 concepts and fundamental results from ordinary differential equations theory are presented, including some methods for solving some equations e some aspects related to qualitative analysis of the equations – learning outcomes (l.o.) (i) and (ii). In chapter 4, linear partial differential equations are introduced and solutions to the wave equation, heat equation and Laplace equation are obtained – l.o. (iii). Most of the results discussed will be proved or the idea of the proof will be provided – l.o. (iv) – and will be promoted a correct use of mathematical language – l.o. (v).*

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

*As aulas serão teórico-práticas. O docente apresenta os conceitos, enuncia os resultados, demonstrando muitos deles e discute exemplos de aplicação. O estudante é incentivado a participar nas aulas, interagindo com o professor e por vezes resolvendo exercícios e problemas. É ainda incentivado o trabalho autónomo, consistindo este maioritariamente na realização de exercícios e problemas que consistirão principalmente na aplicação dos resultados estudados ao estudo de equações particulares e na análise de diversos modelos matemáticos. A avaliação realizada ao longo do período de ensino-aprendizagem consistirá em duas provas escritas, cada uma cotada para 10 valores. A classificação final será a soma das classificações das duas provas escritas. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.*

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

*The classes will be theoretical-practical. The teacher introduces the concepts, presents the results, proving several among them, and discusses applications. The student is encouraged to participate in the classes, interacting with the teacher and sometimes solving exercises and problems. Autonomous work will be encouraged, consisting mainly in solving exercises and problems, often concerning equations or systems of equation originated in the applications. Assessment undertaken throughout the teaching-assessment period will consists in two written tests, each rated 10 values. The final classification will be the sum of the two written tests scores. The student can also do a final exam quoted for 20 values.*

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

*As aulas teórico-práticas permitem aos alunos a assimilação dos conceitos e resultados relacionados com a teoria de equações diferenciais e o contacto com classes importantes de equações às quais se aplica a teoria – objetivos de aprendizagem (o.a.) (i) a (iii). O incentivo à participação dos alunos nas aulas contribuirá para aumentar as suas capacidades de analisar e compreender os resultados e técnicas de demonstração, bem a forma de aplicar os resultados obtidos – o.a. (ii) a (iv). O estímulo ao trabalho autónomo, o qual deverá fazer surgir questões a abordar nas sessões de atendimento, contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de analisar e compreender demonstrações, bem como da capacidade de comunicação utilizando linguagem matemática – o.a. (iv) e (v).*

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

*The theoretical-practical classes allow students to assimilate the concepts and results from the theory of differential equations and the contact with important classes of equations to which the theory is applicable – learning outcomes (I.o.) (i) to (iii). Encouraging the student's participation in classrooms will contribute to enhance their ability to analyse and understand demonstration techniques, as well as their ability to apply the results – I.o. (ii) to (iv). Stimulus to autonomous work, which should raise questions to be addressed in the attendance sessions, will contribute to the development of the capacity to analyse and understand proofs, as well the ability to communicate using mathematical language – I.o. (iv) and (v).*

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

1. Arnold V (1974). *Equações Diferenciais Ordinárias*. Moscovo: Ed. Mir
2. Braun M (1993). *Differential Equations and Their Applications*. Springer
3. Chicone C (2006). *Ordinary Differential Equations with Applications, 2nd edition (Texts in Applied Mathematics, 34)*. Springer
4. Doering CI e Lopes AO (2016). *Equações Diferenciais Ordinárias, 6.ª edição (Coleção Matemática Universitária)*. IMPA
5. Hirsch MW, Smale S and Devaney RL (2013). *Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos, 3rd edition*. Elsevier Inc.

#### Mapa IV - Física Nuclear e de Partículas

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

*Física Nuclear e de Partículas*

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

*Nuclear and Particle Physics*

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

*F*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*60TP*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*-*

##### 4.4.1.7. Observations:

*-*

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

*Paulo André de Paiva Parada, 60 h*

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

*-*

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

- I. Adquirir conhecimentos fundamentais sobre a física dos núcleos atômicos, incluindo a sua estrutura, o decaimento radioativo, as reações nucleares e as aplicações deste ramo da física*
- II. Adquirir conhecimentos fundamentais sobre a física das partículas elementares, desde uma descrição das partículas do Modelo Padrão e os estados hadrônicos, os principais aspetos experimentais, e as interações fundamentais e o mecanismo de Higgs, até algumas das principais considerações sobre possíveis realizações de Física além do Modelo Padrão*

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

- I. To acquire fundamental knowledge about the physics of atomic nuclei, including their structure, radioactive decay, nuclear reactions and the applications of this branch of physics*

*II. To acquire fundamental knowledge about the physics of elementary particles, from a description of the particles of the Standard Model and the hadronic states, the main experimental aspects, and the fundamental interactions and the Higgs mechanism, to some of the main considerations about possible realizations of Physics beyond Standard Model*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### *I. Física Nuclear*

1. *Propriedades Físicas do Núcleo*
2. *Modelos do Núcleo*
3. *Dcaimento Radioativo*
4. *Reações Nucleares*
5. *Aplicações da Física Nuclear*

##### *II. Física de Partículas*

1. *As Partículas Elementares do Modelo Padrão*
2. *Aceleradores e Detetores. O LHC*
3. *Descrição das Interações de Gauge*
4. *Interação Eletromagnética*
5. *Interação Fraca. União Eletrofraca e o bosão de Higgs*
6. *Interação Forte*
7. *Além do Modelo Padrão. Neutrinos, Grande Unificação, Supersimetria*

#### 4.4.5. Syllabus:

##### *I. Nuclear Physics*

1. *Physical properties of Nuclei*
2. *Nuclear Models*
3. *Radioactive Decay*
4. *Nuclear Reactions*
5. *Applications of Nuclear Physics*

##### *II. Particle Physics*

1. *The Elementary Particles of the Standard Model*
2. *Accelerators and Detectors. The LHC*
3. *Description of Gauge Interactions*
4. *Electromagnetic Interaction*
5. *Weak Interaction. Electroweak Unification and the Higgs boson*
6. *Strong Interaction*
7. *Beyond the Standard Model. Neutrinos, Grand Unification, Supersymmetry*

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

*Os conteúdos programáticos estão em correspondência de um para um com os objetivos de aprendizagem.*

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

*There is a one-to-one correspondence between the curricular unit's objectives and the syllabus topics.*

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

*Aulas teórico-práticas - Os conteúdos teóricos do programa serão expostos através de aulas ilustradas por exemplos que permitem clarificar os conceitos, métodos e resultados apresentados. Para além de um teste escrito, a avaliação inclui a realização de trabalhos pelos alunos, com apresentação e discussão.*

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

*Mixed theory and problem solving sessions – the theoretical contents are presented and immediately illustrated by means of examples, allowing the clarification of concepts, methods and results. In addition to a written test, evaluation is based on projects developed by the students, including presentation and open discussion.*

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

*Uma abordagem interativa, de “aprender fazendo”, como a preconizada nas metodologias de ensino propostas, é a mais adequada para a aprendizagem do conteúdo desta UC.*

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

*An interactive, “hands-on” approach like the one proposed above is the best suited for learning the topics that form the syllabus of this CU, and to fulfill its learning outcomes.*

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

*Para Física Nuclear:*

1. *Cottingham WN, Greenwood DA (2001). An Introduction to Nuclear Physics, 2nd ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press*
2. *Krane KS (1987). Introductory Nuclear Physics, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons*
3. *Pessoa EF, Coutinho FAB, Sala O (1978). Introdução à Física Nuclear. São Paulo: McGraw-Hill*

*Para Física de Partículas:*

4. *Cottingham WN, Greenwood DA (2007). An Introduction to the Standard Model of Particle Physics, 2nd ed.*

Cambridge: Cambridge Univ. Press

5. Griffiths D (2008). *Introduction to Elementary Particles*, 2nd ed. Weinheim: Wiley-VCH

6. Han MY (2004). *A Story of Light: A Short Introduction to Quantum Field Theory of Quarks and Leptons*. Singapore: World Scientific

#### Mapa IV - Física do Estado Sólido

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

*Física do Estado Sólido*

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

*Solid State Physics*

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

F

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

60TP

##### 4.4.1.6. ECTS:

6

##### 4.4.1.7. Observações:

-

##### 4.4.1.7. Observations:

-

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

*Luís José Maia Amoreira, 60 h*

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

-

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

*Familiarizar com os aspetos principais da fenomenologia dos sólidos: difração de radiação, comportamento mecânico, térmico e elétrico, magnetismo, supercondutividade.*

*Adquirir noções básicas de cristalografia.*

*Identificar as limitações das teorias clássicas do comportamento dos sólidos e compreender a aplicação da teoria quântica nesses problemas.*

*Compreender o funcionamento dos dispositivos semicondutores fundamentais (díodo e transístor).*

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

*To familiarize the students with the main aspects of solids phenomenology: radiation diffraction, mechanical, thermal and electrical behavior, magnetism, superconductivity.*

*To acquire the basic notions of crystallography.*

*To identify the shortcomings of classical theories of solid behavior and to understand the application of quantum theory to these problems.*

*To understand the operation of fundamental semiconductor devices (diode and transistor).*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Noções de elasticidade*

2. *Cristalografia: rede e motivo, tipos de redes, notação*

3. *Difração de radiação em cristais: condição de Bragg e de Laue, rede recíproca, fator de estrutura*

4. *Capacidade térmica dos sólidos: lei de Dulong e Petit, modelo de Einstein, modelo de Debye*

5. *Condução elétrica: condutores, isoladores, semicondutores, teoria de bandas*

6. *Magnetismo: diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo*

7. *Supercondutividade*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Notions of elasticity*

2. *Crystallography: crystal lattice and motif, types of lattices, notation*

3. *Radiation diffraction in crystals: Bragg and Laue condition, reciprocal lattice, structure factor*

4. *Thermal capacity of solids: Dulong and Petit's law, Einstein model, Debye model*

5. *Electrical conduction: conductors, insulators, semiconductors, band theory*

6. *Magnetism: diamagnetism, paramagnetism, ferromagnetism*

7. *Superconductivity*

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

*Os conteúdos programáticos foram definidos em função dos objetivos e competências a adquirir pelos estudantes. A matéria a lecionar incide sobre os principais tópicos da física da matéria condensada.*

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

*The syllabus was defined according to the objectives and competences to be acquired by the students. The subjects to be taught focus on the main topics of condensed matter physics.*

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

*As aulas são teórico-práticas; após a apresentação dos conteúdos teóricos, estes são usados em situações concretas, permitindo clarificar os métodos explanados e treinar a sua utilização. São realizadas experiências demonstrativas e trabalhos laboratoriais pelos alunos.*

*A avaliação inclui testes escritos e trabalhos realizados pelos alunos, com apresentação e discussão.*

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

*Lectures include theory presentation, problem solving and laboratory experiments; after the presentation of the theoretical concepts, they are used in concrete situations, aiming to clarify and deepen the understanding of the explained methods, and to train their use. Demonstrative experiments and laboratory work are performed by the students.*

*Assessment includes written tests and assignments by students with presentation and discussion.*

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

*As metodologias de ensino/aprendizagem visam o desenvolvimento integrado dos conteúdos programáticos e a concretização dos objetivos e competências propostos. A aplicação dos conceitos teóricos em problemas concretos permite o aprofundamento da sua compreensão e retenção.*

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

*The teaching / learning methodologies aim at the integrated development of the syllabus and the achievement of the objectives and skills proposed. The application of theoretical concepts to concrete problems allows for a deeper understanding and memorization.*

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

1 *Simon SH (2013). The Oxford Solid State Basics. Oxford University Press*

2 *Ashcroft NW and Mermin, ND (1986). Solid State Physics. Holt, Rinhartand Winston*

3 *Hofmann P (2008). Solid State Physics - An Introduction. Wiley-VCH*

### Mapa IV - Ótica Física

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Ótica Física*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Physical Optics*

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

*F*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

30TP+30PL

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

-

**4.4.1.7. Observations:**

-

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

*Elsa Susana dos Reis da Fonseca, 60 h*

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

-

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

*Demonstrar conhecimentos sobre os princípios físicos subjacentes aos fenómenos óticos e suas aplicações em diversas áreas científicas e tecnológicas. Compreender como efeitos como a Difração, a Interferência e a Polarização podem ser utilizados em diversos métodos de medição aplicados nas áreas de Astrofísica, Química, Biomedicina, entre outras.*

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

*To demonstrate knowledge about the physical principles underlying optical phenomena and their applications in various scientific and technological areas. Understand how effects such as Diffraction, Interference and Polarization can be used in various measurement methods applied in the areas of Astrophysics, Chemistry, Biomedicine, among others.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*O conhecimento e compreensão sobre ótica física deve ser demonstrado nas áreas de:*

- (1) ótica ondulatória*
- (2) interação da luz com a matéria*
- (3) polarização*
- (4) ótica de Fourier*
- (5) instrumentação ótica*
- (6) ótica não linear*
- (7) lasers*

**4.4.5. Syllabus:**

*Knowledge and understanding of physical optics should be demonstrated in the areas of:*

- (1) wave optics*
- (2) light-matter interaction*
- (3) polarization*
- (4) Fourier optics*
- (5) optical instrumentation*
- (6) nonlinear optics*
- (7) lasers*

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

*Os diferentes capítulos do programa permitem compreender as propriedades da luz e a sua propagação e interação com a matéria. Estes conceitos são indispensáveis para a compreensão das fontes de luz, dos métodos de deteção e da formação de imagem nos sistemas óticos, dos sistemas de entrega e de recolha de feixes luminosos que compõem diversos instrumentos científicos e tecnológicos.*

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

*The different chapters of the program allow us to understand the properties of light and its propagation and interaction with matter. These concepts are indispensable for understanding light sources, detection methods and imaging in optical systems, light beam delivery and the principles of various scientific and technological instruments.*

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

*Componente Teórico-Prática: aulas de exposição e discussão acompanhadas de atividades programadas “on-line”, utilizando os e-conteúdos, e outro tipo de interatividade baseada em “peer instruction”.*

*Componente Prática Laboratorial: Experiências demonstrativas de fenómenos da Ótica Física, incluindo Interferência,*

**Difração e Polarização.**

*Aplicação destes princípios a instrumentos óticos (70%), na forma de um teste escrito, uma parte prática (30%), na forma de relatórios sobre os trabalhos experimentais.*

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

*Theoretical-Practical Component: lectures and discussion accompanied by scheduled online activities using e-content and other kind of interactivity based on peer instruction.*

*Laboratory Practice Component: Demonstrative experiences of physical optical phenomena, including interference, diffraction and polarization.*

*Application of these principles to optical instruments (70%) in the form of a written test, a practical part (30%) in the form of reports on experimental work.*

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

*A aquisição de conhecimentos sobre os princípios da ótica física e da sua aplicação a instrumentos óticos é efetuada através da descrição de conceitos, princípios e exemplos nas aulas teórico-práticas, que são posteriormente consolidados através de autoestudo, realização de teste escrito, trabalhos práticos de laboratório e resolução de problemas.*

*O peso atribuído à componente prática de laboratório visa reforçar a capacidade de trabalho de equipa, de resolução de problemas, de aprendizagem orientada por objetivos, bem como estimular o espírito crítico e a criatividade do aluno.*

*O cumprimento dos objetivos da unidade curricular será comprovado através dos resultados obtidos nas diversas atividades direcionadas para o aluno.*

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

*The acquisition of knowledge about the principles of optical physics and its application to optical instrumentation is accomplished through the description of concepts, principles and examples in the practical classes, which are then consolidated through self-study, written tests, practical laboratory work and problem solving.*

*The weight given to the laboratory practical component aims to focus on teamwork skills, problem solving, learning oriented goals, and to stimulate critical thinking and creativity.*

*The achievement of course objectives will be assessed through the results obtained in the various activities directed to the student.*

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

*1 Hecht E (2002). Ótica, 2.ª edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian*

*2 Guenther R (1990). Modern Optics. New York: John Wiley & Sons*

*3 Jenkins F and White H (1981). Fundamental of Optics, 4th edition. Lisboa: McGraw-Hill*

**Mapa IV - Relatividade e Cosmologia****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Relatividade e Cosmologia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Relativity and Cosmology*

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

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*60TP*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*Opção 3, Opção 4, Opção 6*

**4.4.1.7. Observations:**



**Option 3, Option 4, Option 6****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Paulo Rodrigues Lima Vargas Moniz, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

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

1. *Conhecer as observações com implicações para concepções em cosmologia*
2. *Entender a Relatividade como a teoria física crucial para cosmologia*
3. *Adquirir conhecimentos de relatividade necessários à compreensão de gravitação newtoniana, buracos negros e modelos cosmológicos*
4. *Conseguir relacionar os conhecimentos de relatividade e as observações cosmológicas numa compreensão do modelo de evolução do Universo desde o Big Bang até ao presente, e o futuro*

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

1. *Understanding observations with implications for cosmological conceptions*
2. *Understanding Relativity as the crucial physical theory for cosmology*
3. *To acquire a working knowledge of Relativity necessary to the understanding of Newtonian gravitation, black holes and cosmological models*
4. *Combining Relativity and cosmologically relevant observations into an understanding of the model of evolution of the Universe from the Big Bang to the present, and the future*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Observações fundamentais e inferências*
  - a) *Conteúdo do Universo*
  - b) *Homogeneidade, isotropia e expansão. Lei de Hubble*
2. *Gravitação de Newton e Relatividade de Einstein*
  - a) *Gravitação Newtoniana*
  - b) *Relatividade geral. Equações de Einstein*
  - c) *Métrica de Robertson-Walker*
  - d) *Métrica de Schwarzschild. Buracos negros*
3. *Modelos Cosmológicos*
  - a) *Equações de Friedmann*
  - b) *Evolução com matéria, radiação, curvatura, constante cosmológica*
4. *Distâncias e Idade do Universo*
  - a) *Distância num Universo em expansão. Medição*
  - b) *Idade do Universo*
5. *Densidade do Universo e matéria escura*
  - a) *Matéria escura em galáxias e em enxames*
  - b) *Matéria escura e estrutura*
  - c) *Considerações sobre a natureza da matéria escura*
6. *Big Bang e evolução inicial do Universo*
  - a) *Radiação cósmica de fundo*
  - b) *Nucleossíntese*
  - c) *Inflação*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Fundamental Observations and Inferences*
  - a) *The contents of the Universe*
  - b) *Homogeneity, isotropy and expansion. Hubble law*
2. *Newtonian Gravitation and Einsteinian Relativity*
  - a) *Newtonian Gravitation*
  - b) *General Relativity. Einstein equations*
  - c) *Robertson-Walker metric*
  - d) *Schwarzschild metric. Black holes*
3. *Cosmological models*
  - a) *Friedmann equations*
  - b) *Evolution with matter, radiation, curvature, cosmological constant*
4. *Distances and the Age of the Universe*
  - a) *Distance in an expanding Universe. Measurements*
  - b) *The Age of the Universe*
5. *Density of the Universe and dark matter*
  - a) *Dark matter in galaxies and in clusters*
  - b) *Dark matter and structure*
  - c) *Considerations on the nature of dark matter*
6. *The Big Bang and the Early Universe*
  - a) *Cosmic background radiation*

- b) *Nucleosynthesis*
- c) *Inflation*

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

*Os conteúdos programáticos estão em correspondência com os objetivos de aprendizagem. Os capítulos 1–2 do programa garantem os objetivos de aprendizagem 1–3. Os restantes capítulos do programa garantem o objetivo 4.*

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

*There is a correspondence between the curricular unit's objectives and the syllabus topics. Chapters 1–2 of the program ensure learning objectives 1–3. The remaining chapters of the syllabus ensure objective 4.*

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

*Aulas teórico-práticas - Os conteúdos teóricos serão expostos através de aulas ilustradas por exemplos que permitem clarificar os conceitos, métodos e resultados apresentados. Para além de dois testes escritos, a avaliação inclui a realização de trabalhos, com apresentação e discussão.*

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

*Mixed theory and problem solving sessions – the theoretical contents are presented and immediately illustrated by means of examples, allowing the clarification of concepts, methods and results. In addition to a written test, evaluation is based on projects developed by the students, including presentation and open discussion.*

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

*Uma abordagem interativa, de “aprender fazendo”, como a preconizada nas metodologias de ensino propostas, é a mais adequada para a aprendizagem do conteúdo desta UC.*

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

*An interactive, “hands-on” approach like the one proposed above is the best suited for learning the topics that form the syllabus of this CU, and to fulfill its learning outcomes.*

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

1. Gron O, Naess A (2011). *Einstein's Theory: A Rigorous Introduction for the Mathematically Untrained*. New York: Springer
2. Henriques AB (2009). *Teoria da Relatividade Geral: Uma Introdução*. Lisboa: IST Press
3. Liddle A (2015). *An Introduction to Modern Cosmology*, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons
4. Roos M (2015). *Introduction to Cosmology*, 4th ed. New York: John Wiley & Sons

**Mapa IV - Física da Radiação Aplicada**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física da Radiação Aplicada*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Applied Radiation Physics*

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

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*30TP+30PL*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*Opção 3, Opção 4, Opção 6*

**4.4.1.7. Observations:***Option 3, Option 4, Option 6***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Jorge Manuel Maia Pereira, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Estudar os fundamentos da física da radiação, necessários à compreensão de técnicas modernas de espectroscopia e/ou imagiologia, como as técnicas de raios X e raios gama, técnicas com radioisótopos, técnicas com partículas carregadas (elétrões/positrões, partículas carregadas pesadas), técnicas com neutrões e a proteção contra as radiações ionizantes.**No final da UC o estudante deve ser capaz de:**i) explicar com rigor os conceitos, leis e princípios da física dos raios X, raios gama, radioisótopos, partículas carregadas e neutrões**ii) resolver e discutir problemas, de nível intermédio, nas áreas mencionadas, com ênfase nos processos de interação da radiação com a matéria e deteção de radiação**iii) desenvolver técnicas experimentais para implementar experiências de interação de raios X, raios gama e partículas carregadas com a matéria, deteção e medição de radiações ionizantes, bem como analisar, interpretar e apresentar os resultados experimentais com rigor científico.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Study the fundamentals of radiation physics, necessary for understanding various modern techniques of spectroscopy and/or imaging, such as X-ray and gamma ray techniques, radioisotope techniques, charged particles techniques (electrons/positrons, heavy charged particles), neutron techniques and the protection against ionizing radiations.**At the end of the UC the student should be able to**i) rigorously explain the concepts, laws and principles of X-ray physics, gamma ray physics, radioisotope physics, charged particles and neutrons physics**ii) solve and discuss intermediate-level problems in the above-mentioned areas with emphasis on the interaction processes of radiation with matter and detection of radiation**(iii) develop experimental techniques to implement experiments of interaction of X-rays, gamma rays and charged particles with matter, detection and measurement of ionizing radiation, as well as analyze, interpret and present experimental results with scientific rigor.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1 Fontes de radiação**1.1 Fontes de raios X: estrutura atómica, tubos de raios X**1.2 Radioisótopos: estrutura nuclear, instabilidade nuclear, processos de decaimento**1.3 Fontes de neutrões: fissão espontânea, reações nucleares, reatores nucleares**1.4 Aceleradores, ciclotrões, sincrotrões**2 Interação da radiação com a matéria**2.1 Noções básicas da interação da radiação**2.2 Interação de partículas carregadas pesadas**2.3 Interação de elétrões e positrões**2.4 Interação de raios X e gama**2.5 Interação de neutrões**3 Estatística de contagem da radiação e métodos de análise de dados**3.1 Modelos estatísticos e distribuições de probabilidade**3.2 Erros de medição**3.3 Amostragem e estimação de parâmetros**3.4 Propagação de erros**3.5 Ajuste de curvas**4 Detetores de radiação**4.1 Princípio de operação e propriedades gerais**4.2 Detetores de ionização**4.3 Detetores de cintilação**4.4 Detetores semicondutores**4.5 Espectroscopia de radiação: espectroscopia de raios X e gama, e partículas carregadas***4.4.5. Syllabus:***1 Sources of radiation**1.1 X-ray sources: atomic structure, X-ray tubes**1.2 Radioisotopes: nuclear structure, nuclear instability, decay processes**1.3 Sources of neutrons: spontaneous fission, nuclear reactions, nuclear reactors**1.4 Accelerators, cyclotrons, synchrotrons**2 Interaction of radiation with matter**2.1 Basics of radiation interaction*

- 2.2 Interaction of heavy charged particles
- 2.3 Interaction of electrons and positrons
- 2.4 Interaction of X-rays and gamma rays
- 2.5 Interaction of neutrons
- 3 Radiation counting statistics and data analysis methods
- 3.1 Statistical models and probability distributions
- 3.2 Measurement errors
- 3.3 Sampling and estimation of parameters
- 3.4 Propagation of errors
- 3.5 Curve fitting
- 4 Radiation detectors
- 4.1 Principle of operation and general properties
- 4.2 Ionization detectors
- 4.3 Scintillation Detectors
- 4.4 Semiconductor detectors
- 4.5 Radiation spectroscopy: X- and gamma-ray spectroscopy, charged particles spectroscopy

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

*Os conteúdos programáticos da UC foram definidos em função dos objetivos e das competências a adquirir pelos alunos e enquadram-se dentro dos conteúdos usuais em UC equivalentes de outras universidades nacionais e internacionais. Numa primeira parte faz-se uma introdução à física das fontes de radiação, onde se apresenta a estrutura do átomo e a produção de raios X, a estrutura do núcleo e os modos de decaimento nuclear, os processos nucleares para produzir neutrões, e ainda a base dos aceleradores, ciclotrões e sincrotrões. Numa segunda parte apresentam-se os mecanismos de interação das radiações ionizantes com a matéria. Numa terceira parte introduzem-se os conceitos estatísticos aplicados à contagem de radiação e métodos de análise de dados. Numa quarta parte os fundamentos base da deteção da radiação ionizante, os detetores de radiação mais usados e ainda a espectroscopia de radiação ionizante.*

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

*The syllabus of the UC was defined according to the objectives and skills to be acquired by the students and fit within the usual syllabus in equivalent courses of other national and international universities. In the first part, an introduction to the physics of radiation sources is presented, which presents the structure of the atom and the production of X-rays, the structure of the nucleus and modes of nuclear decay, the nuclear processes to produce neutrons, and the accelerators, cyclotrons and synchrotrons. In a second part we introduce the mechanisms of interaction of ionizing radiation with matter are presented. In a third part we introduce the statistics concepts applied to the radiation counting and methods of data analysis. In a fourth part the basic foundations of ionizing radiation detection, the most used radiation detectors and the radiation spectroscopy.*

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

*Aulas teórico-práticas (TP) de exposição oral com recurso a meios audiovisuais. As aulas são acompanhadas pela resolução de problemas-tipo de aplicação e pela discussão dos resultados obtidos.*

*Nas aulas práticas de laboratório (PL) os estudantes:*

- i. realizam trabalhos práticos propostos, incluindo exercícios de aplicação e a utilização de bases de dados e programas de simulação dedicados a decaimentos radioativos e à interação da radiação com a matéria*
- ii. realizam experiências laboratoriais utilizando várias fontes de radiação e vários sistemas de deteção de radiação e aquisição de dados.*

*A avaliação final da UC será constituída por uma componente pontual e uma componente contínua, que engloba dois itens: 1. Realização de um teste escrito de frequência (60%)*

- 2. Realização de trabalhos de laboratório, incluindo relatórios (30%)*
- 3. Realização dos trabalhos práticos e discussão dos resultados (10%).*

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

*Oral exposition theoretical-practical classes (TP) using audiovisual media. The lectures are accompanied by the resolution of problems-type of application and discussion of the results obtained.*

*In the practical-laboratory classes (PL) the students:*

- i. carry-out proposed practical works, including application exercises and the use of databases and simulation programs dedicated to radioactive decay and the interaction of radiation with matter*
- ii. perform laboratory experiments using various radiation sources and various radiation detection and data acquisition systems.*

*Final evaluation of the UC will consist of a written test and a continuous component, which includes two items:*

- 1. Performing a written frequency test (60%)*
- 2. Performing laboratory work, including reports (30%)*
- 3. Execution of the practical works and discussion of the results (10%).*

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

*A duração da carga horária desta UC envolvendo um total de 168 horas (60 horas de contacto com a equipa docente, 100 horas de trabalho autónomo por parte do aluno e 8 horas para avaliação) foi definida tendo por base os objetivos de aprendizagem e as competências a serem adquiridas pelos alunos. Por outro lado, as metodologias de ensino selecionadas são trabalhadas para cumprir cabalmente esta finalidade. As aulas estão divididas em 30 horas teórico-práticas (TP) e em 30 horas práticas de laboratório (PL).*

*Nas aulas TP é realizada a exposição oral dos conteúdos e temáticas, a qual é acompanhada sempre que possível por*

*demonstrações experimentais, e pela resolução de problemas-tipo de aplicação e sua discussão.*

*Para complementar a aquisição de conhecimento, nas aulas PL, os estudantes realizam trabalhos práticos propostos, incluindo exercícios de aplicação e a utilização de bases de dados e programas de simulação dedicados a decaimentos radioativos e à interação da radiação com a matéria. Por outro lado, os estudantes realizam várias experiências laboratoriais que exemplificam os fenómenos e métodos discutidos nas aulas TP. Ao longo das experiências laboratoriais é instituído o uso do livro de laboratório (logbook) onde o estudante regista toda a informação relevante de cada experiência, incluindo a montagem experimental e a metodologia utilizada, os dados em bruto e respetivos cálculos e desenvolve a posteriori a análise e o tratamento de dados. As experiências laboratoriais utilizam várias fontes de radiação - tubo de raios X e radioisótopos (raios X, raios gama, partículas alfa e beta), e vários sistemas de deteção de radiação e aquisição de dados - sistemas de deteção, contagem e espectroscopia de radiação (espectroscopia de raios X e espectroscopia nuclear).*

*A comunicação natural entre as aulas TP e PL permite, de uma forma sustentada, que os alunos adquiram as competências necessárias ao longo do semestre. A metodologia de ensino encontra-se centrada no professor com a participação ativa dos estudantes, os quais vão complementando a sua aprendizagem com o seu trabalho autónomo, que é fundamental para a sedimentação de conceitos e competências. A componente de avaliação contínua é fulcral para que os alunos mantenham o acompanhamento da disciplina ao longo do semestre, sendo essencial para que o professor e os estudantes consigam seguir a evolução das competências e o cumprimento dos objetivos da aprendizagem. Por outro lado, o estudo dos assuntos está padronizado para um nível intermédio.*

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

*The duration of this curricular unit (CU) workload involving a total of 168 hours (60 hours of contact with the teaching team, 100 hours of autonomous work by the student and 8 hours for evaluation) was based on the learning objectives and the skills to be acquired by students. On the other hand, the selected teaching methodologies are worked to fulfill this purpose. The classes are divided in 30 hours theoretical-practical (TP) and in 30 hours practical-laboratory (PL). In the TP classes is carried-out the oral presentation of the contents and themes, which is accompanied whenever possible by experimental demonstrations, and by the resolution of problems-type of application and its discussion. In order to complement the acquisition of knowledge and skills, in PL classes, students carry out proposed practical work, including application exercises and the use of databases and simulation programs dedicated to radioactive decay and the interaction of radiation with matter. On the other hand, the students perform several laboratory experiments that exemplify the phenomena and methods discussed in the TP classes. Throughout the laboratory experiments the use of the laboratory book (logbook) is instituted where the student records all the relevant information of each experiment, including the experimental set-up and the methodology used, the raw data and its calculations and develops afterwards the analysis and data processing. Laboratory experiments utilize various radiation sources - X-ray tube and radioisotopes (X-rays, gamma rays, alpha and beta particles), and various systems of radiation detection and data acquisition - systems for the detection, counting and radiation spectroscopy (X-ray spectroscopy and nuclear spectroscopy).*

*The natural communication between the TP and PL classes allows, in a sustained way, the students to acquire the necessary skills throughout the semester. The teaching methodology is centered on the professor with the active participation of the students, who complement their learning with their autonomous work that is fundamental for the sedimentation of concepts and skills. The continuous evaluation component is crucial for the students to maintain the monitoring of the CU throughout the semester, being essential for the professor and the students to be able to follow the evolution of the competences and the fulfillment of the learning objectives. On the other hand, the study of subjects is standardized to an intermediate level.*

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

1. Krane KS (1988). *Introductory Nuclear Physics*. John Wiley & Sons
2. Knoll GF (2010). *Radiation Detection and Measurement*, 4th ed. John Wiley & Sons
3. Leo WR (1994). *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*, 2nd ed. Springer-Verlag
4. Podgorsak EB (2010). *Radiation Physics for Medical Physicists*, 2nd ed. Springer-Verlag

### **Mapa IV - Física Computacional**

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

*Física Computacional*

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

*Computational Physics*

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

*F*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

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

*168*

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

60TP

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:***Opção 3, Opção 4, Opção 6***4.4.1.7. Observations:***Option 3, Option 4, Option 6***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***João Pinheiro da Providência e Costa, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Familiarizar os alunos com os recursos e práticas atualmente utilizados na abordagem computacional de problemas científicos.**No final da frequência desta UC o aluno deve demonstrar ser capaz de:*

- *identificar problemas passíveis de resolução computacional e escolher formulações numéricas apropriadas a essa resolução*
- *implementar abordagens computacionais a problemas científicos em ambientes modernos, incluindo sistemas multi-processador, agregados de computadores e sistemas distribuídos (cloud computing)*
- *utilizar sistemas distribuídos de gestão de revisões em projetos individuais e colaborativos.*

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Familiarize students with the current resources and practices in computational approaches to scientific problems.**At the end of this course the student should be able to:*

- *identify problems where computational approaches are sensible and choose numerical formulations appropriate to their resolution*
- *Implement computational solutions to scientific problems in modern environments, including multiprocessor systems, computer aggregates, and cloud computing*
- *use distributed version management systems in individual and collaborative projects.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Programação com sistemas de computação interativos (octave ou python) e com linguagens de programação compiladas (fortran ou C/C++). Programas com as duas componentes*
2. *Boas práticas em computação científica: reprodutibilidade da pesquisa. Sistemas de gestão de versões, gestão de dados, utilização de bibliotecas de software, boas práticas na programação, automatização de testes do código*
3. *Revisão de métodos numéricos: álgebra linear numérica, resolução numérica de equações, determinação de extremos de funções, integração e derivação, equações diferenciais ordinárias e às derivadas parciais, métodos de Monte Carlo*
4. *Computação paralela em C/C++: OpenMP e MPI*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Programming with interactive computing systems (octave or python) and compiled programming languages (fortran or C / C ++). Programs with both components*
2. *Good practices in scientific computing: reproducibility of research. Version management systems, data management, use of software libraries, programming best practices, code testing automation*
3. *Review of numerical methods: numerical linear algebra, numerical resolution of equations, determination of function extremes, integration and derivation, ordinary and partial derivative differential equations, Monte Carlo methods*
4. *C / C ++ Parallel Computing: OpenMP and MPI*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Os conteúdos programáticos foram definidos em função dos objetivos e competências a adquirir pelos estudantes e formam o núcleo essencial da formação em métodos computacionais nas ciências físicas. Exploram métodos numéricos padrão em abordagens computacionais e expõem os alunos aos contextos computacionais contemporâneos.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***The syllabus was defined according to the objectives and competences to be acquired by the students and form the essential nucleus of the formation in computational methods in the physical sciences. They explore standard numerical methods in computational approaches and expose students to contemporary computational contexts.*

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

*As aulas são teórico-práticas; após a apresentação dos conteúdos teóricos, estes são usados em situações concretas, permitindo clarificar os métodos explanados e treinar a sua utilização.*

*A avaliação inclui testes escritos e trabalhos realizados pelos alunos, com apresentação e discussão.*

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

*The lessons are theoretical and practical; After the presentation of the theoretical contents, they are used in concrete situations, allowing for a deeper understanding of concepts and practice of their use.*

*Assessment includes written tests and assignments by students with presentation and discussion.*

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

*As metodologias de ensino/aprendizagem visam o desenvolvimento integrado dos conteúdos programáticos e a concretização dos objetivos e competências propostos.*

*As competências são desenvolvidas através da exposição participativa e da resolução de exercícios. Uma abordagem interativa, de “aprender fazendo”, como a preconizada nas metodologias de ensino propostas é a mais adequada para a aprendizagem do conteúdo desta UC.*

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

*The teaching / learning methodologies aim at the integrated development of the syllabus and the achievement of the objectives and competences proposed.*

*Skills are developed through participatory exposure and exercise solving. An interactive “learning by doing” approach, as advocated in the proposed teaching methodologies, is the most appropriate for learning the content of this course.*

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

1. Wilson G et al (2014). *Best Practices for Scientific Computing*, PLoS Biol 12(1)
2. Sirca S and Horvat M (2012). *Computational Methods for Physicists*. Springer-Verlag
3. Gropp W, Lusk E and Skjellum A (2015). *Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface*. MIT Press
4. Chapman B, Jost G and Pas R (2007). *Using OpenMP: Portable Shared Memory Parallel Programming*. MIT Press
5. Pitt-Francis J and Whiteley J (2012). *Guide to Scientific Computing in C++*. Springer-Verlag
6. Eaton J et al (2019). *GNU Octave, 5th Edition* (<https://octave.org/octave.pdf>)
7. Python Software Foundation (2019). *The Python Tutorial* (<https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>)

**Mapa IV - Processos Físicos do Corpo Humano****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Processos Físicos do Corpo Humano*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Physical Processes in the Human Body*

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

*F*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*60TP*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*Opção 3, Opção 4, Opção 6*

**4.4.1.7. Observations:**

*Option 3, Option 4, Option 6*

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

*Luís Manuel Duarte Gomes Patrício, 60 h*

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

-

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

*É objetivo da Unidade Curricular a aquisição de conhecimentos teóricos e práticos de Física úteis à Medicina e que envolvem o funcionamento do corpo humano e seus mecanismos.*

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

*The course concerns physical principles applied to the human body, providing an understanding of the mechanisms and functions of human body.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Elasticidade e Resistência dos Materiais. Fluidos em equilíbrio estático. Movimento dos Fluidos. Calor e Teoria Cinética. Difusão. Osmose. Calor e Vida. Ondas, Som e Luz. Órgãos dos sentidos: audição e visão. Eletricidade e o sistema nervoso.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Elasticity and Resistance of Materials. Fluids in static equilibrium. The motion of Fluids. Heat and Kinetic Theory. Diffusion. Osmosis. Heat and Life. Waves, Sound and light. Senses: hearing and vision. Electricity and the nervous system.*

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

*Uma vez terminado o curso o aluno deverá ter uma compreensão de ideias subjacentes ao funcionamento do corpo humano. O aluno deverá ser capaz de resolver problemas relacionados com o corpo humano e envolvendo elasticidade, fluidos, calor, difusão, eletricidade, ondas e ótica. Espera-se que o aluno seja capaz de aplicar a informação e métodos deste curso a áreas associadas à fisiologia do corpo humano.*

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

*After finishing the course the student should have an understanding of ideas underlying the functioning of the human body. The student should be able to solve problems related to the human body and involving elasticity, fluids, heat, diffusion, electricity, waves and optics. It is expected that the student is able to apply the information and methods associated with this course to the physiology of the human body.*

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

*O ensino da disciplina consiste em aulas teóricas e aulas de resolução de problemas. Solicita-se aos alunos a resolução de problemas em casa (trabalhos de casa).*

*Atividades de ensino/aprendizagem e metodologias pedagógicas:*

*Esta disciplina tem a duração de um semestre letivo, envolvendo 60 h de contacto com o docente, 100 h de trabalho autónomo e 8 h para avaliação (total: 168 horas). As aulas estão organizadas em aulas teóricas – exposição dos conteúdos programáticos, envolvendo também a apresentação de problemas; aulas teórico-práticas – aplicação de conhecimentos teóricos na resolução de problemas práticos.*

*A avaliação é realizada em duas fases:*

- *Avaliação contínua: 2 testes teórico-práticos*
- *Exame final (com parte teórica e parte prática) para os alunos admitidos.*

*Métodos e critérios de avaliação:*

- *A classificação de ensino/aprendizagem consiste em 2 testes escritos com 100% da nota final de frequência*
- *Os alunos deverão frequentar pelo menos 50% das aulas.*

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

*The teaching consists of lectures and problem solving classes. The students are asked to make homework assignments.*

*Learning/teaching activities and pedagogical methods:*

*This course lasts one semester and it includes 60 hours of contact with the professor, 100 hours of autonomous work and 8 hours for evaluation (total: 168 hours). Lessons are organized in lectures – T (theoretical) and practical classes TP (implementation of syllabus by solving practical problems).*

*The evaluation is performed in two stages:*

- *Continuous assessment: two theoretical and practical tests throughout the semester*
- *Final exam (with a theoretical and practical part) for admitted students.*

*Methods and evaluation criteria:*

- *The final classification consists of 2 written tests with 100% of the final classification*
- *Attendance will be monitored. Students must attend at least 50% of classes.*

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



*Na sequência das aulas da disciplina e do estudo dos estudantes, estes deverão ser capazes de resolver problemas e questões envolvendo a Física do corpo humano.*

*Será demonstrado que o aluno:*

- 1. Compreende aspetos mecânicos associados à elasticidade de ossos, tendões e tecidos do corpo humano e também aspetos ligados à mecânica dos fluidos envolvendo densidades de corrente, viscosidade, difusão, membranas, caudais, velocidades médias e aneurismas*
- 2. Usa a equação da difusão para compreender processos de transporte ao nível das células*
- 3. Usa as leis da Termodinâmica para resolver problemas de calor e temperatura do corpo humano*
- 4. Tem conhecimentos de eletricidade envolvendo a propagação de sinais elétricos no corpo humano e nomeadamente para compreender a propagação do potencial de ação nos axónios*
- 5. Usa as leis da Ótica para compreender a visão ao nível do olho e a correção da visão por meio de lentes*
- 6. Compreende a propagação do som através do ouvido externo e ouvido médio até chegar à cóclea e excitar as células ciliadas.*

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

*Following the lessons of discipline and after studying, the students should be able to solve problems and issues involving the physics of the human body. It will be demonstrated that the student:*

- 1. will be able to understand mechanical aspects associated with the elasticity of bones, tendons and tissues of the human body and also aspects related to fluid mechanics involving current density, viscosity, diffusion, membranes, average speeds, aneurysms*
- 2. will also be able to use the diffusion equation to understand the transport processes at the level of cells*
- 3. will be able to use the laws of thermodynamics to solve problems of heat and temperature in the body*
- 4. will have a knowledge of electricity associated with the propagation of electrical signals in the human body and in particular knows the propagation of the action potential in the axon*
- 5. will be able to use the laws of optics to understand the vision at eye level and the correction of vision through lenses*
- 6. will understand the propagation of sound through the external ear and middle ear to reach the cochlea and excite the hair cells.*

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

- 1. Davidovits P (2008). Physics in Biology and Medicine, 3rd edition. Academic Press*
- 2. Cromer AH (1977). Physics for the Life Sciences, 2nd edition. McGrawHill*
- 3. Herman IP (2007). Physics of the Human Body. Springer*
- 4. Franklin K et al (2010). Introduction to Biological Physics for the Health and Life Sciences. Wiley*

### **Mapa IV - Lasers em Biomedicina**

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

*Lasers em Biomedicina*

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

*Lasers in Biomedicine*

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

*F*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

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

*168*

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

*T30+PL30*

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

*6*

#### **4.4.1.7. Observações:**

*Opção 3, Opção 4, Opção 6*

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

*Option 3, Option 4, Option 6*

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

*Elsa Susana dos Reis da Fonseca, 60 h*

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

-

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

*Esta unidade curricular tem como objetivo principal divulgar as aplicações dos lasers em medicina bem como os conceitos básicos de ótica física que permitem a sua compreensão.*

*No final desta unidade curricular, o aluno deverá ser capaz de identificar e caracterizar diversos tipos de sistemas laser (e sistemas óticos associados) para aplicações terapêuticas. O aluno deverá ser capaz de compreender os mecanismos biofísicos de interação da luz laser com os tecidos biológicos. Pretende-se ainda que o aluno conheça o panorama atual da aplicação dos lasers na medicina.*

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

*The main goals of this course unit are to disseminate applications of lasers in medicine and the basic concepts of physical optics that allow their understanding.*

*At the end of this course, the student should be able to identify and characterize several types of laser systems (and associated optics) for therapeutic applications. The student should be able to understand the biophysical mechanisms of interaction of laser light with biological tissues. The student should also be aware of the state of the art laser applications in medicine.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1 Fundamentos de Ótica Física*

*1.1 Propriedades das ondas eletromagnéticas*

*1.2 Propriedades da radiação laser: largura espectral, coerência, polarização*

*1.3 Radiometria*

*2 Lasers Médicos*

*2.1 Emissão estimulada e amplificação*

*2.2 Feixes gaussianos*

*2.3 Constituição do laser*

*2.4 Tipos de lasers médicos*

*2.5 Normas de segurança laser*

*3 Mecanismos de Interação Laser-Tecido*

*3.1 Efeitos óticos em tecidos biológicos*

*3.2 Interações fotoquímicas*

*3.3 Interações térmicas*

*3.4 Fotoablação*

*3.5 Ablação induzida por plasma*

*3.6 Fotodisrupção*

*4 Sistemas de Entrega e Manipulação de Feixes Laser*

*4.1 Fibras óticas*

*4.2 Braços articulados*

*4.3 Componentes óticos*

*5 Aplicações Médicas dos Lasers*

*5.1 Lasers em oftalmologia*

*5.2 Lasers em cardiologia*

*5.3 Lasers em medicina dentária*

*5.4 Lasers em dermatologia*

*6 Seminários*

**4.4.5. Syllabus:**

*1 Foundations of Physical Optics*

*1.1 Properties of electromagnetic waves*

*1.2 Laser Radiation properties: spectral width, coherence, polarization*

*1.3 Radiometry*

*2 Medical Lasers*

*2.1 Stimulated emission and amplification*

*2.2 Gaussian beams*

*2.3 Laser constitution*

*2.4 Types of medical lasers*

*2.5 Laser Safety Standards*

*3 Laser-Tissue Interactions*

*3.1 Optical effects in biological tissues*

*3.2 Photochemical Interactions*

*3.3 Thermal Interactions*

*3.4 Photoablation*

*3.5 Ablation induced plasma*

*3.6 Photodisruption*

*4 Laser Beam Delivery and Shaping Systems*

*4.1 Optic fibres*

*4.2 Articulated arms*

*4.3 Optical components*

- 5 Medical Applications Of Lasers
- 5.1 Lasers in ophthalmology
- 5.2 Lasers in cardiology
- 5.3 Lasers in dentistry
- 5.4 Lasers in dermatology
- 6 Seminars

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

*O programa desta UC começa por introduzir os conceitos de ótica física necessários compreensão dos processos físicos envolvidos na emissão e na deteção de luz laser. Em seguida, são abordados aspetos mais tecnológicos dos lasers, com ênfase nas aplicações biomédicas e nas questões associadas à segurança no manuseamento destes equipamentos. No terceiro capítulo abordam-se as interações entre a luz laser e os tecidos biológicos evidenciando-se alguns efeitos apenas obtidos com feixes intensos atendendo à especificidade desta UC onde as aplicações terapêuticas merecem especial destaque. A instrumentação ótica associada aos sistemas laser é abordada para que o aluno conheça as especificidades dos equipamentos em função do tipo de aplicação médica e do tipo de laser utilizado. Por fim, são selecionados alguns tópicos de aplicações dos lasers nas diversas especialidades médicas, procurando-se que o aluno tome contacto com alguns profissionais da área através da organização de seminários.*

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

*The program of this course unit starts with the introduction of physical optics concepts essential to the understanding of the physical processes involved in the emission and detection of laser light. Then, more technological aspects of lasers are discussed, with emphasis on biomedical applications and the safety issues associated with the handling of this equipment. In the third chapter we discuss the interactions between laser light and biological tissues evidencing some effects only obtained with intense beams taking into account the specificity of this unit where the therapeutic applications deserve special mention. The optical instrumentation associated with laser systems is also addressed to the student to meet the specificities of products based on the medical application and the type of laser used. Finally, some topics of applications of the lasers in several medical specialties are selected, seeking that the student makes contact with some professionals through seminars.*

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

*As atividades de ensino-aprendizagem desta UC compreendem aulas teórico-práticas. Os alunos adquirem também as competências definidas através de atividades programadas "online", utilizando os e-conteúdos (plataforma Moodle), e outro tipo de interatividades baseada em "peer instruction".*

*No final, o aluno deve ser capaz de reconhecer os princípios físicos subjacentes ao funcionamento dos lasers e suas aplicações médicas. Promove-se um contacto mais direto com os profissionais da área dos lasers em biomedicina através da participação obrigatória nos seminários propostos ao longo do semestre.*

*Relativamente à avaliação de conhecimentos o aluno tem que obrigatoriamente:*

*Realizar três testes de progresso (TP)*

*Participar nas aulas (PAR)*

*Realizar uma frequência (NFE)*

*Assistir a todos os seminários propostos*

*Ter uma assiduidade às aulas  $\geq 50\%$ .*

*A nota final será calculada recorrendo à seguinte fórmula:  $NF = 0,8xNFE + 0,05xPAR + 0,15xTP$ .*

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

*The teaching learning activities for this course unit are theoretic-practical classes. The students also acquire the defined competences through "online" programmed activities, using e-learning (Moodle platform), and other type of interactivity based in "peer instruction".*

*By the end of this course unit the student should be able to recognize the physical principles of lasers and their medical applications. The direct contact with the professional in the area of laser in biomedicine is promoted with the compulsory participation in seminars. To accomplish that there are also planned "online" tutorials where the student has the opportunity to achieve the expected results.*

*Regarding the knowledge assessment the student must:*

*Carry out in group 3 progress tests (TP)*

*Participate in class (PAR)*

*Make a global test (NFE)*

*Attend all the seminars*

*Have a class attendance  $\geq 50\%$ .*

*The final grade is calculated using the following formula:  $NF = 0,8xNFE + 0,05xPAR + 0,15xTP$ .*

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

*A aquisição de conhecimentos sobre os princípios da ótica física bem como dos fundamentos dos lasers e das suas aplicações terapêuticas através da descrição de conceitos, princípios e exemplos nas aulas teórico-práticas e seminário, que são posteriormente consolidados através de auto-estudo, realização de testes de progresso e resolução de problemas*

*O peso atribuído à componente prática de visa reforçar a capacidade de trabalho de equipa, de resolução de problemas, de aprendizagem orientada por objetivos, bem como estimular o espírito crítico e a criatividade do aluno. O cumprimento dos objetivos da unidade curricular será comprovado através dos resultados obtidos nas diversas atividades direcionadas para o aluno.*

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

*The acquisition of knowledge about the principles of physical optics as well as the fundamentals of lasers and their therapeutic applications through the description of concepts, principles and examples in the practical and seminar classes, which are then consolidated through self study, testing of progress and problem solving. The weight given to the practice component aims to strengthen teamwork ability, problem solving, learning oriented goals, and to stimulate critical thinking and creativity of the student. The achievement of course objectives will be proven by the results obtained in the various activities directed to the student.*

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

- 1 Hecht E (2012). *Óptica*, 3.ª Ed. Fundação Calouste Gulbenkian
- 2 Ferreira Mário (2003). *Óptica e Fotónica*. LIDEL
- 3 Niemz MH (2007). *Laser Tissue Interactions*, 3rd ed. Springer
- 4 Katzir A (1993). *Lasers And Optical Fibers In Medicine*. Academic Press

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

*Análise Numérica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Numerical Analysis*

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

*M*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*60TP*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*Opção 3, Opção 4*

**4.4.1.7. Observations:**

*Option 3, Option 4*

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

*José Carlos Matos Duque, 60 h*

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

*-*

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

*Com esta unidade curricular pretende-se que o aluno obtenha ferramentas numéricas que permitam resolver os mais variados problemas matemáticos. No final desta unidade curricular o aluno deve ser capaz de:*

- a) calcular numericamente aproximações para os valores e vetores próprios de uma matriz*
- b) resolver numericamente sistemas de equações não lineares*
- c) utilizar métodos computacionais para resolver problemas de programação não-linear*
- d) aproximar funções*
- e) obter numericamente soluções de equações diferenciais ordinárias com valores na fronteira*
- f) resolver equações diferenciais com derivadas parciais por métodos numéricos*
- g) perante um problema proposto, traduzi-lo de forma matemática, identificar os possíveis métodos para o resolver, escolher o mais adequado, implementá-lo e analisar de forma crítica os resultados*

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

*With this curricular unit it is intended that the student obtain numerical tools to solve the most varied mathematical problems. At the end of this curricular unit the student should be able to:*

- a) calculate numerically approximations for the eigenvalues and eigenvectors of a matrix*
- b) solve numerically systems of non-linear equations*
- c) use computational methods to solve nonlinear programming problems*
- d) approximate functions*
- e) obtain numerically solutions of ordinary differential equations with values at the boundary*
- f) solve differential equations with partial derivatives by numerical methods*
- g) in face of a proposed problem, translate it mathematically, identify possible methods to solve it, choose the most appropriate, implement it and critically analyze the results*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. Valores e vetores próprios
2. Resolução numérica de sistemas de equações não lineares
3. Otimização não linear
4. Aproximação de funções
5. Equações diferenciais ordinárias com valores na fronteira
6. Resolução numérica de equações diferenciais com derivadas parciais

**4.4.5. Syllabus:**

1. Approximation of eigenvalues and eigenvectors
2. Numerical Solution of Nonlinear Systems of Equations
3. Nonlinear optimization
4. Approximation of functions
5. Boundary-Value Problems for Ordinary Differential Equations
6. Numerical Solutions to Partial Differential Equations

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

*Os conteúdos programáticos da unidade curricular foram definidos em função dos objetivos e competências a serem adquiridos pelos alunos e enquadram-se dentro dos conteúdos normalmente lecionados em unidades curriculares equivalentes de outras universidades portuguesas e europeias.*

*Os objetivos definidos, traduzidos nas competências específicas a) – f), são alcançados através dos conteúdos programáticos 1. – 6. respetivamente, a competência específica g) é alcançada de forma transversal em todos os conteúdos programáticos.*

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

*The syllabus of the curricular unit was defined according to the objectives and skills to be acquired by the students and is related with the syllabus usually taught in equivalent curricular units of other Portuguese and European universities. The defined objectives, translated in the specific skills a) - f), are reached through the programmatic contents 1. - 6. respectively, the specific skill g) is reached transversally in all the programmatic contents.*

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

*A unidade curricular funciona com aulas teórico-práticas. O docente expõe os conceitos, enuncia e demonstra resultados fundamentais, apresenta exemplos e aplicações. O funcionamento da UC em aulas teórico-práticas permite que sejam feitos exercícios imediatamente a seguir a cada conteúdo teórico, o que melhora a aquisição de conhecimentos e competências. Além disso, o estudante é incentivado a participar nas aulas, a interagir com o professor e com os colegas, e a trabalhar autonomamente, sob a forma de realização de exercícios, formulação e resolução de problemas.*

*A avaliação contínua será feita através da realização de duas provas escritas cotadas em 8 valores cada uma e quatro mini testes a realizar no computador durante as aulas teórico-práticas, valendo 1 valor cada um. O estudante poderá ainda realizar um exame final cotado para 20 valores.*

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

*The course is structured in theoretical-practical classes. The teacher introduces the concepts, states and proves the fundamental results, provides examples and applications. The combination of the theory with the practice in the classes allows the exercises to be performed immediately after each theoretical content, which improves the acquisition of knowledge and skills. In addition, the student is encouraged to participate in classes, to interact with the teacher and with colleagues, and to work autonomously, in the form of exercises, formulation and problem solving. The evaluation carried out during the teaching-learning process consists of two written tests quoted for 8 values each and four mini-tests to be carried out on the computer during the classes, quoted for 1 value each. The student can also take a final exam quoted for 20 points.*

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

*A estruturação das aulas faseadas em aulas teórico-práticas combina, em simultâneo, as duas vertentes e está baseada na exposição dos conceitos teóricos dos conteúdos programáticos, na apresentação de exemplos práticos de pequena dimensão e na aplicação por parte dos alunos dos conceitos teóricos através da resolução de problemas práticos adequados e ajustados a cada conteúdo programático. Esta estruturação permite, de uma forma proporcional*

*e gradual, que os alunos adquiram as competências necessárias ao longo do semestre para obter a aprovação. A metodologia de ensino encontra-se centrada no aluno, que ao longo do semestre vai aprendendo e aplicando os conceitos adquiridos, com o seu trabalho autónomo e com a ajuda da equipa docente. Desta forma, é dada particular importância à avaliação contínua, que permite que o aluno possa, ao longo do semestre, demonstrar faseadamente as competências adquiridas com o seu trabalho.*

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

*The structuring of the classes phased in theoretical-practical classes combines, simultaneously, the two strands and is based on the exposition of the theoretical concepts of the programmatic contents, on the presentation of small practical examples and on the students' application of the theoretical concepts through practical problems that are appropriate and adjusted to each programmatic content. This structure allows, in a proportional and gradual way, that students acquire the necessary skills throughout the semester to obtain the approval.*

*The teaching methodology is centered on the student, who during the semester will learn and apply the concepts acquired, with their autonomous work and with the help of the teaching team. In this way, special importance is given to the continuous assessment, that allows the student to demonstrate, in the semester, the skills acquired with his work.*

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

1. Pina H (1995). *Métodos Numéricos*. Alfragide: McGraw-Hill
2. Valença MR (1988). *Métodos Numéricos*. Braga: INIC
3. Burden RI, Faires JD and Burden AM (2015). *Numerical Analysis*, 10th ed. Boston: PWS-Kent
4. Butcher JC (2008). *The Numerical Analysis of Ordinary Differential Equations*, 2nd ed. Auckland: John Wiley & Sons

### **Mapa IV - Química Física**

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

*Química Física*

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

*Physical Chemistry*

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

*Q*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

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

*168*

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

*T30+TP30*

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

*6*

#### **4.4.1.7. Observações:**

*-*

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

*-*

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

*Ana Maria Carreira Lopes, 60 h*

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

*-*

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

*Compreender as propriedades dos gases reais e a inter-relação das diferentes variáveis.*

*Aplicar as leis da Termodinâmica a sistemas reais.*

*Relacionar energia interna, entalpia e energia livre de Gibbs.*

*Conhecer as relações de Maxwell e saber utilizá-las.*

*Estudar as leis de Raoult e de Henry.*

*Interpretar diagramas de fases de substâncias puras e de misturas.  
Compreender os equilíbrios químico e electroquímico.  
Saber aplicar os princípios da Termodinâmica macroscópica na resolução de problemas numéricos.*

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

*Study the behavior of real gases and how to correlate the different variables.*

*Apply the laws of thermodynamics to real systems.*

*Know how to relate internal energy, enthalpy and Gibbs free energy.*

*Know Maxwell relations and how to apply them.*

*Study the laws of Raoult and Henry.*

*Interpret phase diagrams of pure substances and mixtures.*

*Understand the chemical and electrochemical equilibrium.*

*Apply Thermodynamic principles to solve numerical problems*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Propriedades dos gases reais. Equações de estado: Van der Waals e Virial. Constantes críticas. Princípio dos estados correspondentes Termodinâmica: aplicações das 1ª e 2ª leis sistemas reais. Diferença entre as capacidades caloríficas a pressão e a volume constante. Termoquímica. Calor de reação: entalpia de reação e entalpia padrão. Relação entre entalpia e energia interna da reação. Medições calorimétricas de entalpia e energia interna. Variações de entropia num sistema e no universo. Cálculo da entropia e da energia livre de Gibbs Mudanças de estado. Estabilidade das fases. Diagrama de fases. Discussão dos diagramas de fases do hélio, água e dióxido de carbono Misturas binárias. Grandezas parciais molares: Volume parcial molar e energia livre de Gibbs parcial molar Lei de Raoult. Lei de Henry. Propriedades coligativas Misturas de líquidos voláteis. Diagramas de pressão de vapor/composição, temperatura de ebulição/composição. Regra das fases.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Properties of the real gases. State equations: Van der Waals and Virial. Critical constants. Principle of corresponding states Thermodynamics: Applications of 1st and 2nd laws. Difference between the heat capacities at constant volume or pressure. Thermochemistry. Heat of reaction, enthalpy of reaction and standard enthalpy. Relationship between enthalpy and internal energy of the reaction. Calorimetric measurements of enthalpy and internal energy. Variations of entropy in a system and the universe. Calculation of entropy and Gibbs function Changes of state. Stability of phases. Phase diagram. Discussion of the phase diagrams of helium, carbon dioxide and water Binary mixtures. Partial molar quantities: partial molar volume and Gibbs free energy partial molar (chemical potential) Raoult's law. Henry's Law. Colligative properties Mixtures of volatile liquids. Vapor pressure/composition and boiling temperature/composition diagrams. Phases rule.*

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

*Os conteúdos programáticos visam atingir os objetivos da unidade curricular permitindo ao aluno:*

- *Compreender o comportamento de gases reais, as isotérmicas de Van der Waals e o princípio dos Estados Correspondentes.*
- *Saber aplicar as leis da Termodinâmica, distinguir capacidade calorífica a pressão constante ou a volume constante.*
- *Saber correlacionar entalpia e energia interna.*
- *Saber calcular a entropia e a energia livre de Gibbs.*
- *Saber interpretar diagramas de fases de substâncias puras e de misturas binárias.*
- *Compreender o significado e saber calcular grandezas parciais molares.*
- *Saber aplicar as leis de Raoult e de Henry.*
- *Saber calcular variações de propriedades coligativas.*

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

*The syllabus aim to achieve the objectives of the course allowing the student to:*

- *Understand the behavior of real gases, the isotherms of Van der Waals and the principle of Corresponding States.*
- *Apply the laws of thermodynamics and distinguish heat capacity at constant pressure or constant volume.*
- *Be able to correlate enthalpy and internal energy.*
- *Be able to calculate the entropy and Gibbs free energy.*
- *Interpret phase diagrams of pure substances and binary mixtures.*
- *Be able to calculate partial molar quantities.*
- *Apply the laws of Raoult and Henry.*
- *Be able to calculate variations of colligative properties.*

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

*A transmissão dos conteúdos programáticos é fundamentalmente de carácter expositivo. No entanto, pretende-se também que haja lugar para a colocação de questões, conduzindo ao diálogo em grupo. Nesta unidade curricular as aulas teórico-práticas são usadas para aplicações dos conteúdos programáticos lecionados, sendo resolvidos questões/problemas em grupo ou de forma individual.*

*O aluno é avaliado através de provas escritas individuais, sendo a nota final dada pela sua média aritmética.*

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

*The transmission of the syllabus is based essentially on theoretical exposition, followed by general questions to the students to promote dialogue. In this course the practical classes are used for applications of the syllabus taught, to*

*resolved issues/problems in a group or individually way.  
The evaluation consists on de average of written individual tests.*

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

*Nesta unidade curricular a metodologia das aulas teóricas incide na apresentação verbal dos conteúdos programáticos tentando sempre interrogar os alunos sobre os vários problemas/questões que vão surgindo e tentando, sempre que possível, que sejam eles a tirar as conclusões. As aulas teórico-práticas em que são resolvidas questões/problemas permitem aplicar e consolidar os conceitos teóricos a problemas reais.*

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

*In this course the methodology of lectures focuses on verbal presentation of the syllabus always trying to question the students about the various problems / issues that arise and trying, wherever possible, that they are able to draw their conclusions. The theoretical-practical issues allow the students to solve problems for consolidate the theoretical concepts and to solve real problems.*

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

1. P. W. Atkins (1998). *Química Física* 6ª edição. Oxford University Press
2. R. A. Alberty; R. J. Silbey (1997). *Physical Chemistry*, second edition. John Wiley & Sons, Inc., New York
3. G. W. Castellan (1971). *Physical Chemistry*, second edition. Addison-Wesley Publishing Company
4. E. G. Azevedo (1995). *Termodinâmica Aplicada*, 1ª Ed. Escolar Editora
5. E. B. Smith (1973). *Fundamentos da Termodinâmica Química*. Oxford University Press

**Mapa IV - Química Orgânica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Química Orgânica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Organic Chemistry*

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

*Q*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T30+PL30*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*-*

**4.4.1.7. Observations:**

*-*

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

*Paulo Jorge da Silva Almeida, 60 h*

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

*-*

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

*Esta Unidade Curricular tem como objetivo transmitir os conhecimentos básicos que permitam classificar os principais tipos de reações em química orgânica e permitam o seu entendimento através do respetivo mecanismo. No final da Unidade Curricular o estudante deve ser capaz de combinar os conhecimentos básicos ministrados na Unidade Curricular com uma consulta bibliográfica adequada de forma a prever e classificar o comportamento químico dos compostos pertencentes aos principais grupos funcionais.*



*Estimular a pesquisa bibliográfica bem como os hábitos de leitura, incentivando desta forma a autoaprendizagem de forma a resolver os problemas propostos.*

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

*This course aims to teach the basic knowledge to classify the main types of reactions in organic chemistry and its understanding through its mechanism.*

*Combine the basic knowledge taught in the course with an adequate bibliographic support, to predict and classify the chemical behaviour of compounds belonging to the main functional groups.*

*Encourage literature research and reading habits, thus stimulating selflearning in order to solve the proposed problems.*

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

##### **1. Reacções em Química Orgânica**

###### **1.1 Principais tipos**

###### **1.2 Mecanismos reaccionais e uso de setas curvas para a sua representação**

###### **2 Carbonos Saturados**

###### **2.1 Reacções de substituição nucleofílica**

###### **2.2 Reacções de eliminação**

###### **2.3 Reacções radicalares**

###### **3 Compostos insaturados**

###### **3.1 Adição eletrofílica**

###### **3.2 Sistemas conjugados**

###### **3.3 Formação de alcenos**

###### **4 Grupo Carbonilo**

###### **4.1 Adição nucleofílica**

###### **4.2 Substituição**

###### **5 Redução e Oxidação**

###### **6 Enóis e Enolatos: Formação e reacções**

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

##### **1 Reactions in Organic Chemistry**

###### **1.1 Main types**

###### **1.2 Reaction mechanisms and the use of curved arrows utilization to their illustration.**

###### **2 Saturated carbons**

###### **2.1 Nucleophilic substitution reactions**

###### **2.2 Elimination reactions**

###### **2.3 Radical reactions**

###### **3 Unsaturated carbons**

###### **3.1 Electrophilic addition**

###### **3.2 Conjugated systems**

###### **3.3 Alkenes formation**

###### **4 Carbonyl group**

###### **4.1 Nucleophilic addition**

###### **4.2 Conjugate addition**

###### **4.3 Substitution**

###### **5 Oxidation-reduction reactions**

###### **6 Enols and Enolates: reactions and formation**

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

*Para que se cumpra o objetivo geral desta UC, é necessário que os alunos:*

*- Reconheçam as estruturas dos vários compostos orgânicos, identifiquem os principais grupos funcionais, os seus processos de síntese e as reações típicas dos diferentes grupos*

*- Aprendam o significado e importância dos mecanismos em química orgânica, identificando este processo como um meio crucial para o químico orgânico na explicação das várias reações*

*- Utilizem as noções anteriormente adquiridas, tais como eletronegatividade, geometria, carga formal, estereoquímica, isomeria, na compreensão e previsão das reações envolvidas*

*- Tomem contacto prático com algumas das principais técnicas utilizadas em síntese orgânica e aprofundem os conhecimentos de caracterização espetroscópica de compostos orgânicos.*

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

*In order to comply the overall goal of this course, students are required:*

*- Recognize the structures of various organic compounds, identifying the main functional groups, their synthesis processes and typical reactions, promoting at this stage an initial contact with examples of functional groups of certain drugs*

*- Learn the significance and importance of the mechanisms in organic chemistry, as the means that the organic chemist uses to explain the various reactions*

*- Use the concepts previously acquired, such as electronegativity, molecules geometry, formal charge, stereochemistry and isomerism for the understanding and prediction of the reactions involved*

*- Take practical contact with some of the key techniques used in organic synthesis and improve knowledge in spectroscopic characterization of chemical compounds by applying this knowledge to synthesized compounds.*

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

*Exposição oral da matéria com ajuda do quadro e de diapositivos, com grande interatividade aluno/professor, promovendo-se o debate entre alunos e professor de modo a garantir a participação e interesse pelas matérias lecionadas.*

*As aulas práticas são divididas em aulas laboratoriais, onde os alunos realizam a síntese de compostos orgânicos, e aulas de resolução de exercícios relacionados com a matéria lecionada.*

*Os alunos são solicitados a desenvolver um seminário, sobre um tema, relacionando os conhecimentos orgânicos adquiridos, sendo elaborado um trabalho escrito o qual, no final do semestre, irá ser apresentado perante os colegas. A avaliação é feita com base num teste escrito, no trabalho laboratorial e no trabalho de seminário.*

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

*Oral presentation of matter with the help of the frame and slide, with great teacher-student interactivity, promoting discussion between students and teacher to ensure the participation and interest in the subjects taught.*

*The classes are divided into laboratory classes, where students made the synthesis of organic compounds, and lessons of resolution of problems related to the subjects taught.*

*Students will develop a seminar on a theme, relating the knowledge learned in organic synthesis, establishing a written work which, at the end of the semester, will be presented to colleagues.*

*Student assessment is based on a written test, on the laboratory work and on the seminar essay.*

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

*As metodologias de ensino procuram assegurar a aquisição de conhecimentos por parte dos alunos de modo a garantir que, de futuro, consigam utilizar e aplicar autonomamente os referidos conhecimentos na previsão ou resolução de problemas e situações reais, nomeadamente como suporte para outras Unidades Curriculares. Para tal, a componente teórica pretende dotar os alunos com as bases fundamentais da química orgânica de uma forma interativa, sendo acompanhada de diapositivos e suportada pela resolução de exercícios à medida que a matéria é exposta.*

*As aulas teórico-práticas vão igualmente ajudar a cimentar e consolidar as matérias adquiridas nesta Unidade Curricular permitindo uma maior interação com os alunos e compreensão dos conteúdos programáticos, incentivando igualmente a auto-aprendizagem.*

*As aulas práticas laboratoriais destinam-se a promover um primeiro contacto dos alunos com as principais técnicas utilizadas em síntese orgânica, nomeadamente o acompanhamento das reações por cromatografia de camada fina e caracterização espetroscópica de compostos. Estas aulas são extremamente importantes na aquisição das competências e conhecimentos para se trabalhar num laboratório de Química Orgânica, servindo de base para as Unidades Curriculares seguintes.*

*A realização do seminário vai permitir aos alunos desenvolverem um conjunto de competências genéricas e transversais, tais como, a capacidade de pesquisa sobre um determinado assunto, capacidade de análise e síntese, comunicação oral e aplicação prática dos conhecimentos adquiridos quer na elaboração do seminário quer na sua compreensão.*

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

*The teaching methods aim to ensure that students learn the skills provided, so that they can use them in the prediction or in solving future problems, such as support for other courses. To this end, the theoretical component aims to prepare students with the fundamentals of organic chemistry in an interactive manner by presenting slides and solving problems as the matter is exposed.*

*Theoretical and practical lessons will also help to consolidate the concepts acquired in this Course allowing greater interaction with students and better understanding of the programme, always encouraging self-learning.*

*The laboratory classes are designed to promote students' first contact with the main techniques used in organic synthesis, including the monitoring of the reactions by TLC and spectroscopic characterization of compounds. These classes are extremely important in developing the skills and knowledge to work in a laboratory of Organic Chemistry, serving as basis for the following Curricular Units.*

*The seminar will enable students to develop a set of generic skills, such as the ability to search on a particular subject, capacity for analysis and synthesis, oral communication and practical application of the learned concepts in the preparation of the workshop as well in the understanding of the workshop itself.*

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

1. Solomons TWG e Fryle CB (2012). *Química Orgânica*, Vol. 1 e 2, 10.ª edição. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora

2. Solomons TWG and Fryle CB (2008). *Organic Chemistry*, 9th edition. John Wiley & Sons

3. Smith MB and March J (2007). *March's Advanced Organic Chemistry – Reactions, Mechanisms and Structure*, 6th edition. New York: John Wiley & Sons

4. Silverstein RM, Webster FX e Kiemle DJ (2006). *Identificação Espetrométrica de Compostos Orgânicos*, 7.ª edição. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora

5. Tatchell AR, Hannaford AJ, Smith PWG and Tatchell AR (1996). *Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry*, 5th edition. New York: Longman Scientific & Technical

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

*Química Analítica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:***Analytical Chemistry***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

Q

**4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

**4.4.1.5. Horas de contacto:***T30+PL30***4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

-

**4.4.1.7. Observations:**

-

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Albertina Maria Mendes Marques Bento Amaro, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Nesta unidade curricular pretende-se que o estudante compreenda as reações químicas em que se baseiam os métodos analíticos clássicos de modo a interpretar os resultados obtidos nas análises químicas.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***In this course unit it is intended that the student understands the chemical reactions the classical analytical methods are based on, in order to interpret the results obtained in the chemical analyses.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Condutimetria**1.1. Medição da condutibilidade**1.2. Aplicações. Titulações condutimétricas**1.3. Atividade e coeficiente de atividade**2. Gravimetria**2.1. Solubilidade e produto de solubilidade**2.2. O efeito do ião comum**2.3. O efeito da força iónica**3. Volumetria de precipitação**3.1. Curvas de titulação**3.2. Indicadores**4. Volumetria de neutralização**4.1. Conceitos básicos**4.2. Curvas de titulação**4.3. Indicadores**4.4. Soluções tampão**5. Titulações complexométricas**5.1. Curvas de titulação**5.2. Titulação de misturas de metais. Interferências**6. Volumetria de oxidação-redução**6.1. Reações de oxi-redução**6.2. Equação de Nernst**6.3. Curvas de titulação**6.4. Indicadores de oxi-redução***TRABALHOS PRÁTICOS**

- Condutibilidade de soluções de eletrólitos fortes
- Reações de precipitação. Títulações volumétricas
- Análise de uma mistura de carbonato e hidrogenocarbonato de sódio
- Determinação da dureza da água
- Titulação do ferro (II) com dicromato de potássio

#### 4.4.5. Syllabus:

1. Conductimetry
    - 1.1. Conductivity measurements
    - 1.2. Applications. Conductivity titrations
    - 1.3. Activity and activity coefficient
  2. Gravimetry
    - 2.1. Solubility and solubility product
    - 2.2. The common ion effect
    - 2.3. The ionic strength effect
  3. Precipitation titrimetry
    - 3.1. Titration curves
    - 3.2. Indicators
  4. Neutralization titrimetry
    - 4.1. Basic concepts
    - 4.2. Titration curves
    - 4.3. Indicators
    - 4.4. Buffer solutions
  5. Complexometric titrations
    - 5.1. Titration curves
    - 5.2. Titration of mixtures of metals. Interferences
  6. Oxidation-reduction titrations
    - 6.1. Redox reactions
    - 6.2. Nernst equation
    - 6.3. Titration curves
    - 6.4. Oxi-reduction indicators
- LABORATORY EXPERIMENTS**
- Conductivity of strong electrolytes
  - Precipitation reactions. Volumetric titrations
  - Analysis of a mixture of sodium carbonate and sodium hydrogen carbonate
  - Determination of water hardness
  - Titration of iron (II) with potassium dichromate

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

*O objetivo principal desta unidade curricular é desenvolver nos alunos capacidade para compreender as reações químicas em que se baseiam os métodos analíticos clássicos e interpretar os respetivos resultados. Assim, nesta unidade curricular é descrito o comportamento das soluções eletrolíticas, tendo em conta o papel das interações iónicas. O conceito de solubilidade é aplicado na análise por gravimetria ou por volumetria de precipitação. Na secção sobre volumetria de neutralização os alunos efetuam cálculos de pH de soluções em que se estabelecem equilíbrios ácido-base. O estudo da aplicação de agentes complexantes na análise de metais é feito através de curvas de titulação de metais com formação de complexos metálicos. Para a aplicação das reações de oxi-redução, é descrito o funcionamento de células galvânicas e eletrolíticas e é usada a equação de Nernst. É ainda descrito o funcionamento de alguns elétrodos mais frequentemente usados em análise química.*

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

*The main objective of this curriculum unit is the development of the ability to understand the chemical reactions that are present in classical analytical methods and the interpretation of the corresponding results. Thus the behaviour of electrolyte solutions is described, taking into account the role of ionic interactions and it is also stressed the importance of conductimetry in the analysis of solutions. The concept of solubility is applied to the analysis by gravimetry and to volumetric analysis. In the section on acid-base titrimetry, the students should perform calculations of pH when acid-base equilibria are established. The study of the application of complexing agents in the analysis of metals is done by titration curves of metals with formation of metal complexes. The functioning of galvanic and electrolytic cells as well as the use of the Nernst equation are described and the operation of some electrodes more often used in chemical analysis is also explained.*

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

*A transmissão dos conteúdos programáticos é feita principalmente através de exposição oral, complementada com métodos audiovisuais.*

*A realização de experiências laboratoriais, assim como a elaboração dos respetivos relatórios, e a resolução de exercícios sobre os temas desenvolvidos nas aulas são fundamentais para que os alunos possam efetuar os cálculos necessários à discussão dos resultados obtidos em análises químicas.*

*A avaliação é feita com base em testes escritos e no desempenho laboratorial.*

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

*The transmission of the syllabus is made mainly via oral exposure, complemented with audiovisual methods.*

*Laboratory experiments, as well as the preparation of their reports, and the resolution of exercises on the items*

*exposed in the lectures are essential for students to acquire the ability to perform the calculations required for the discussion of the results obtained in chemical analyses.*

*Student assessment is based on written tests and laboratory work.*

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

*O principal objetivo desta unidade curricular é desenvolver nos alunos capacidade para analisar as reações químicas em que se baseiam os métodos analíticos clássicos e interpretar os resultados das correspondentes análises. Para atingir o objetivo proposto, a transmissão da maior parte dos conteúdos programáticos é feita essencialmente através de exposição oral, acompanhada do uso de métodos audiovisuais, para que os alunos possam compreender de forma clara os temas da Química Analítica que pretendem aprender.*

*Considera-se fundamental a realização de experiências laboratoriais, acompanhadas dos respetivos relatórios que incluem a elaboração dos cálculos necessários à análise e discussão dos resultados, de modo que os alunos se familiarizem com as áreas da Química que são objeto de estudo. Os trabalhos experimentais, realizados individualmente ou em grupo, devem ajudar a visualizar o resultado das diversas reações químicas envolvidas nos métodos de análise de modo a ilustrar os conceitos aprendidos de forma verbal ou escrita.*

*Por outro lado, a resolução de exercícios é igualmente importante para que os alunos possam analisar o que efetivamente acontece nas soluções onde se dão reações químicas, nomeadamente, de precipitação, ácido-base, formação de complexos metálicos, oxidação-redução.*

*O acompanhamento da aprendizagem dos alunos é feito através de provas escritas individuais, para se verificar se os conceitos fundamentais foram devidamente apreendidos e se é necessário fazer alterações no método de ensino.*

*O trabalho em grupo é também valorizado através da elaboração de relatórios dos trabalhos experimentais e sua discussão com o professor. O comportamento de cada aluno, relativamente ao seu empenho na aprendizagem dos temas propostos, é avaliada de forma contínua ao longo do semestre.*

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

*The main objective of this curriculum unit is the development of the ability to analyze the chemical reactions involved in the classical analytical methods and to interpret the results of the corresponding analyses. To achieve the proposed objective, the transmission of most of the syllabus is made mainly by oral exposure, accompanied by the use of audiovisual methods, so that students can understand clearly the themes of analytical chemistry that they wish to learn.*

*Laboratory experiments accompanied by the respective reports are considered essential for the students become familiar with the various items in the field of Chemistry used in chemical analyses. The reports should include the calculations required for the discussion of results.*

*The experimental work carried out individually or in group should help to illustrate the result of several chemical reactions involved in the methods of analysis and consolidate the concepts learned by verbal or written form. On the other hand, the resolution of exercises is equally important to analyze what actually happens in solutions where chemical reactions take place, including precipitation, acid-base, formation of metal complexes, oxidation-reduction.*

*The assessment of students is done by written tests, to check whether the fundamental concepts were duly seized and whether it is necessary to make changes to the method of teaching.*

*Group work is also valued by drawing up reports of the laboratory experiments and discussions with the teacher. The behaviour of each student, in respect to his commitment to the learning of the proposed topics, is evaluated continuously throughout the semester.*

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

1. D. A . Skoog, D. M. West e F. J. Holler (1994). "Analytical Chemistry: An Introduction", 6ª ed. Saunders College Publishing
2. N. Baccan, J. C. Andrade, O. E. S. Godinho e J. S. Barone (1994). "Química Analítica Quantitativa Elementar", 3ª ed. Edgard Blücher, Lda, 1994.
3. D. Harvey (2000). "Modern Analytical Chemistry" 15ª ed. Mc Graw-Hill
4. D. C. Harris (2007). "Quantitative Chemical Analysis", 7ª Ed. W. H. Freeman and Company
5. R. L. Pecsok, L. D. Shields, T. Cairns, I. G. McWilliam (1968). "Modern Methods of Chemical Analysis" 2ª ed. John Wiley & Sons
6. J. E, McMurry, R. C. Fay (2008). "Chemistry", 4th ed. Ed. Pearson

### **Mapa IV - Bioquímica**

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

*Bioquímica*

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

*Biochemistry*

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

*Q*

#### **4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

T30+PL30

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

-

**4.4.1.7. Observations:**

-

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Cândida Ascensão Teixeira Tomaz, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

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

- *Demonstrar a compreensão das estruturas das biomoléculas e sua importância.*
- *Descrever a organização celular e sua importância no funcionamento celular.*
- *Identificar os principais mecanismos de transporte celular biológico.*
- *Compreender os processos bioenergéticos celulares.*

*No final da Unidade Curricular o estudante deve ser capaz de identificar e distinguir o que são Proteínas, Enzimas, Glúcidos e Lípidos. O aluno deve ser capaz de perceber as respectivas funções básicas no nosso organismo. A nível de Vitaminas, o aluno deve ser capaz de distinguir as hidrossolúveis das lipossolúveis e respetiva importância no metabolismo celular.*

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

- *Demonstrate an understanding of the structures of biomolecules and their importance.*
- *Describe the cellular organization and its importance in cell function.*
- *Identify the basic biological cellular transport.*
- *Understand the cellular bioenergetic processes.*

*At the end of the course the student should be able to identify and distinguish what they are Proteins, Enzymes, Lipids, and Carbohydrates. The student must be able to realize their basic functions in our body. The level of vitamins students should be able to distinguish the soluble and water soluble of its importance in cellular metabolism.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Ligações químicas. As moléculas, tipos de ligações, sistemas biológicos. A molécula de água. Importância funcional nos sistemas biológicos. Equilíbrio químico. Variáveis termodinâmicas. Equilíbrio ácido-base. Regulação do pH humano. Reações de oxidação-redução. Noções básicas de química orgânica. Principais grupos funcionais de interesse nas biomoléculas da célula eucariota. Estrutura e propriedades funcionais das biomoléculas. Glúcidos. Lípidos. Proteínas. Vitaminas. Minerais.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Chemical bonds. Molecules, types of connections, biological systems. The water molecule. Functional importance in biological systems. Chemical equilibrium. Thermodynamic variables. Acid-base balance. Regulation of the human pH. Redox reactions. Basics of organic chemistry. Main functional groups of biomolecules of interest in eukaryotic cell. Structure and functional properties of biomolecules. Carbohydrates. Lipids. Proteins. Vitamins. Minerals.*

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

*No final da Unidade Curricular o estudante deve ser capaz de identificar e distinguir o que são proteínas, enzimas, glúcidos e lípidos.*

*O aluno deve ser capaz de perceber as respetivas funções básicas no nosso organismo.*

*A nível de vitaminas, o aluno deve ser capaz de distinguir as hidrossolúveis das lipossolúveis e respetiva importância no metabolismo celular.*

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

*At the end of the curricular unit the student should be able to identify and distinguish what they are proteins, enzymes, lipids and carbohydrates.*

*The student should be able to understand the respective basic functions in our body*

*At the level of vitamins, students should be able to distinguish the soluble and water soluble vitamins and its importance in cellular metabolism.*

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

*Metodologias de ensino utilizadas: aulas teóricas com apresentação do docente e alunos e aulas práticas laboratoriais coordenadas com a matéria lecionada nas aulas teóricas, orientadas pelo docente e realizadas pelos alunos com elaboração dos respetivos relatórios.*

*A avaliação dos alunos é realizada de forma contínua, considerando 3 fatores de avaliação, com a seguinte ponderação:*

*Teste de avaliação de conhecimentos - 70%*

*Apresentação de acetatos pelos alunos - 20%*

*Observação do desempenho prático e elaboração dos respetivos relatórios - 10%.*

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

*Teaching methodologies used: lectures with presentation of teacher and students and laboratory classes coordinated with the material taught in lectures, guided by professor and performed by students compiling their reports.*

*The student evaluation is carried out continuously, considering three evaluation factors, with the following weighting:*

*Evaluation test of knowledge - 70%*

*Presentation of Evaluation test of knowledge - 70%*

*Presentation of slideshow by students - 20%*

*Observation of practical performance and drafting of respective reports - 10%.*

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

*Para que o estudante adquira as competências propostas para a unidade curricular, serão ministradas aulas teóricas de forma expositiva com ajuda de meios audiovisuais, bem como serão utilizadas metodologias de formação ativas, com componente prática em contexto laboratorial. Nas aulas práticas serão realizados trabalhos experimentais que aplicam os conceitos teóricos, com análise, interpretação e discussão de resultados. Com base nos materiais de aprendizagem organizados e disponibilizados são delimitadas zonas temporais de autoaprendizagem intra-grupos com elaboração de conteúdos e partilha desta aquisição de competências pelos alunos de forma expositiva em contexto de aula.*

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

*In this subject, the methodology used is based on the objectives to be achieved and skills to be developed by the students. Access to learning is done in expository, with the help of audiovisual mediums, and active in training methodologies on laboratory. The laboratorial lectures involve experimental work in which students apply theoretical concepts, as well as in analysis, interpretation and discussion of results. Based on the learning materials organized and available, time zones are bounded with self-learning intra-groups reporting and skills shared by students in a classroom in an expository context (seminars).*

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

1. Luís S. Campos (2009). "Entender a Bioquímica", 5ª Edição. Escolar Editora

2. Alexandre Quintas et al (2008). "Bioquímica – Organização Molecular da vida". Lidel

3. Nelson e Cox (2009). "Lehninger, Principles of Biochemistry", 5ª edição. Freeman

### Mapa IV - Química dos Polímeros

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Química dos Polímeros*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Polymer Chemistry*

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

*Q*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T30+PL30*

#### 4.4.1.6. ECTS:

**4.4.1.7. Observações:**

-

**4.4.1.7. Observations:**

-

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Rogério Manuel dos Santos Simões, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Esta uc pretende que os estudantes adquiram conhecimentos na área da Química dos Polímeros, nomeadamente no que diz respeito aos processos de polimerização, à morfologia, à estrutura e respetivas propriedades tais como químicas e mecânicas, bem como a relação entre estas.**No final o estudante deverá ser capaz de:**Descrever a estrutura dos principais polímeros, dos respetivos monómeros, e do correspondente processo de polimerização, bem como as suas aplicações.**Descrever o fundamento dos principais métodos de determinação de massas moleculares e analisar resultados.**Relacionar a estrutura química e a morfologia com as propriedades dos polímeros (mecânicas, térmicas, resistência química, condutividade), bem como com a reologia.**Descrever o mecanismo e equacionar os aspetos básicos das cinéticas de polimerização em cadeia e por passos.**Analisar e sintetizar informação não complexa sobre um determinado tema.**Realizar a síntese de alguns dos polímeros com interesse industrial.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***This course aims to acquaint students with knowledge on the field of polymer chemistry, namely in the polymerization processes, morphology, structure and their properties as chemical, and mechanical, as well as their relationships.**At the end of the course, the student should be able to:**Describe the structure of the most important polymers, the respective monomers, the corresponding polymerization process and their applications.**Describe the principles of the most important methods of molecular weight determination and analyse the corresponding results.**Relate the chemical structure and morphology with polymer properties (mechanical, thermal, chemical resistance, conductivity), and the polymer rheology.**Describe the reaction mechanism. Derive the basic kinetics for chain and step polymerization.**Analyse and synthesize non-complex information on a particular topic.**Perform the synthesis of some industrial important polymers.***4.4.5. Conteúdos programáticos:****I. ESTRUTURA E PROPRIEDADES DOS POLÍMEROS****1. Princípios Básicos 2. Peso Molecular e Polímeros em Solução 3. Morfologia e Estrutura Química de Polímeros 4. Estrutura Química e Propriedades de Polímeros 5. Avaliação, Caracterização e Análise de Polímeros****II. POLÍMEROS VINÍLICOS****6. Polimerização Radicalar, Cinética e Mecanismo de Polimerização, Estereoquímica de Polimerização, Polimerização de Dienos, Reatividade dos Monómeros, Copolimerização****III. POLÍMEROS NÃO VINÍLICOS****7. Polimerização via Reação por Passos e Abertura de Anel, Cinética, Desajustamento Estequiométrico, Distribuição de Pesos Moleculares****IV. POLÍMEROS COMERCIALMENTE IMPORTANTES.****PROGRAMA PRÁTICO (RESUMO)****Preparação e Caracterização de alguns Polímeros Comercialmente importantes.****4.4.5. Syllabus:****I. STRUCTURE AND PROPERTIES OF POLYMERS****1. Basic Principles 2. Molecular Weight and Polymers in Solution 3. Morphology and Chemical Structure of Polymers 4. Chemical Structure and Properties of Polymers 5. Evaluation, Characterization and Analysis of polymers****II. VYNILIC POLYMERS****6. Radical Polymerization, Kinetics and Mechanism of Polymerization Stereochemistry of Polymerization, Dienes Polymerization, Monomers Reactivity, Copolymerization****III. VYNILIC POLYMERS****7. Step Polymerization and Ring Opening Reactions, Kinetics, Stoichiometric Control and Molecular Weight Distribution****IV IMPORTANT COMMERCIAL POLYMERS.****PRACTICAL PROGRAM (SHORT VERSION)****Preparation and Characterization of Commercial important Polymers**



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

*Objetivo gerais: analisar e sintetizar informação sobre um determinado tema de polímeros; melhorar a capacidade de apresentar e defender ideias; melhorar as habilidades para trabalhar em laboratório e em grupo.*

*Objetivos específicos: descrever a estrutura dos principais polímeros, dos respetivos monómeros, e do correspondente processo de polimerização, bem como as suas aplicações; descrever o fundamento dos principais métodos de determinação de massas moleculares e analisar resultados; relacionar a estrutura química e a morfologia com as propriedades (mecânicas, térmicas, resistência química, condutividade), bem como com a reologia; descrever o mecanismo e equacionar os aspetos básicos das cinéticas de polimerização em cadeia e por passos; realizar a síntese de alguns dos polímeros com interesse industrial; ser capaz de identificar um polímero, usando as técnicas laboratoriais disponíveis.*

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

*General objectives: to analyse and synthesize information about a particular topic on polymers; improve the ability to present and defend ideas; improved the skills to work in the laboratory and in groups.*

*Specific objectives : to describe the structure of the major polymers, the corresponding monomers and the polymerization process, as well as their applications; describe the basics of the main methods for molecular weight determination and analyse results; relate the chemical structure and morphology with polymer properties (mechanical, thermal, chemical resistance, conductivity), as well as the rheological properties; to describe the mechanism and identify the basic kinetics of the step-by-step and chain polymerization processes; ability to synthesize some of the most important industrial polymers; to be able to identify a polymer using the available laboratory techniques.*

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

*As aulas teóricas são de natureza semi-magistral. Com vista a promover o relacionamento das matérias e evidenciar o interesse e a presença dos polímeros na sociedade, o docente recorre a exemplos de aplicação de polímeros em diversos campos, sendo requerida e estimulada a participação dos estudantes. As aulas laboratoriais são de natureza experimental e o estudante, com base no protocolo, prepara, realiza e analisa os resultados da síntese e caracterização de polímeros. Os estudantes realizam ainda monografia/seminário sobre polímero comercialmente importante, que é apresentado oralmente e discutido.*

*Critérios de Avaliação:*

*Avaliação de conhecimentos (10 valores – 50%) – 2 testes (5 valores cada) ou exame (10 valores)*

*Desempenho laboratorial (3 valores - 15%)*

*Elaboração de um trabalho monografia/seminário, apresentação e discussão (6 valores – 30%)*

*Habilidades (1 valor - 5%)*

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

*Lectures classes are mainly base on exposition of the different subjects using PPT slides where the students are challenged to participate in the class. To illustrate the relations between the different subjects and show the interest and presence of polymers in society, practical examples of polymers utilization are presented and the student participation is required and stimulated. The laboratorial works are of experimental nature and the students, based on the protocol, prepare, carry out and analyze the results of the synthesis and characterization of polymers. Students also developed a monograph /seminar about an important commercially polymer, which is presented orally and discussed.*

*Assessment criteria*

*Theoretical evaluation (10 values - 50%) - 2 evaluation tests (5 values each) or exam (10 values)*

*Laboratory performance (3 values - 15%)*

*Preparation of a monograph / seminar paper, presentation and discussion (6 values - 30%)*

*Skills (1 value - 5%)*

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

*Os objetivos específicos da unidade curricular são de natureza formativa e assentam no ensino presencial com apresentação dos conceitos fundamentais; recorre-se também a exemplos e contextos de aplicação de polímeros, quer seja no dia-a-dia, quer em aplicações avançadas, estimulando a participação dos estudantes. A consolidação dos conceitos é auxiliada com trabalho teórico-prático e laboratorial. Os objetivos genéricos são alcançados via trabalho de síntese de informação (monografia), apresentação oral e discussão. O processo de avaliação incide sobre as várias competências, nomeadamente: desempenho laboratorial, capacidade de apresentação e discussão de ideias, participação na discussão, sendo a avaliação da aquisição de conceitos avaliada em dois testes escritos ou em exame.*

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

*The specific objectives of the course are formative in nature and are based on classroom teaching with presentation of fundamental concepts; examples and contexts of application of polymers, either in day-today, or in advanced applications, are presented encouraging the participation of students. The consolidation of concepts is enhanced by theoretical-practical and laboratorial work. The horizontal objectives are achieved by doing synthesis work (monograph), oral presentation and discussion. The students evaluation focuses on the various skills including: laboratory skills, ability to present and discuss ideas, participation in discussion, and the acquisition of concepts assessed in 2 written tests or in a final exam.*

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

- M. P. Stevens (1999). "Polymer Chemistry – An Introduction", 3rd Edition. Oxford University Press*
- G. Odian (1970). "Principles of Polimerization", 1st Edition. Mac Graw Hill, New York*

3. S. R. Sandler (1980). "Polymer Synthesis", Vol. 1-3. Academic, NY

4. F. W. Billmeyer, Jr (1984). "Textbook of Polymer Science", 3rd Edition. Wiley-Interscience, New York

#### Mapa IV - Química Inorgânica

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

*Química Inorgânica*

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

*Inorganic Chemistry*

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

Q

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T30+PL30*

##### 4.4.1.6. ECTS:

6

##### 4.4.1.7. Observações:

-

##### 4.4.1.7. Observations:

-

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

*Maria de Lurdes Franco Ciríaco, 60 h*

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

-

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

*Esta unidade curricular, para além de transmitir aos alunos as bases da Química Inorgânica, tem como objetivo ensinar as propriedades de compostos iónicos, quantificar as suas energias de formação e interpretar diagramas de Latimer, Frost, Pourbaix e Ellingham.*

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

*This course, besides to convey to students basic knowledge of inorganic chemistry, aims to teach the properties of ionic compounds, how to quantify their formation energies and how to interpret Latimer, Frost, Pourbaix and Ellingham diagrams.*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução à Química Quântica: equação de Shorödinger (Funções radiais e angulares) Propriedades dos elementos da Tabela Periódica: Carga nuclear efetiva (regras de Slater e de Raimondi/Clementi), Eletronegatividades de Pauling, Mulliken e Allred Rochow Compostos iónicos: relação entre  $rc/ra$  e  $n^\circ$  de coordenação. Energia reticular: equações de Born-Landé e de Kapustinskii Diagramas de Latimer, Frost, Pourbaix e Ellingham Hidrogénio. Hidretos Oxigénio. Óxidos. Oxoácidos Compostos de coordenação: complexos clássicos e organometálicos. Teoria do Campo Cristalino Geometria octaédrica, tetraédrica, tetragonal e quadrangular. Efeito de Jahn-Teller. Energia de estabilização do campo cristalino. Coloração e propriedades magnéticas dos complexos ( $n^\circ$  total de spin). Estabilidade e regra dos 18 eletrões. Componente prática – Comparar as propriedades dos metais dos grupos I, II e III com as dos metais de transição. Síntese de compostos de coordenação, sua caraterização e cálculo de rendimento.*

##### 4.4.5. Syllabus:

*Introduction to Quantum Chemistry: Shorödinger equation (radial and angular functions). Properties of the elements of the Periodic Table: effective nuclear charge (Slater rules and Raimondi/Clementi), Electronegativities (Pauling, Mulliken Allred and Rochow). Ionic compounds: ratio  $rc/ra$  and coordination number. Lattice energy: Born-Landé and*

*Kapustinskii equations. Latimer, Frost, Pourbaix and Ellingham diagrams. Hydrogen. Hydrides. Oxygen. Oxides. Oxyacids. Coordination compounds: classical and organometallic complexes. Crystal Field Theory. Octahedral, tetrahedral, tetragonal and square geometry. Jahn-Teller effect. Stabilization energy of the crystal field. Stability and magnetic properties of the complexes (total spin number). Stability and 18 electrons rule. Practice – Comparison of the properties of metals of groups I, II and III with those of transition metals. Synthesis of some coordination compounds, their characterization and synthesis yield.*

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

*Os conteúdos programáticos visam atingir os objetivos da unidade curricular, permitindo ao aluno:*

- *Compreender que a cada orbital estão associadas funções matemáticas que lhes determinam a dimensão, forma e orientação.*
- *Conseguir quantificar as energias de rede de compostos iónicos assim como relacionar todos os processos energéticos inerentes à formação destes compostos.*
- *Saber interpretar diagramas de Latimer, Frost, Pourbaix e Ellingham.*
- *Conhecer as propriedades de óxidos e hidretos. Saber prever quais os oxoácidos mais fortes.*
- *Conhecer as propriedades de compostos de coordenação e organometálicos, nomeadamente prever a sua estabilidade por aplicação da regra dos 18 eletrões pelo método iónico e covalente.*

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

*The syllabus aim to achieve the objectives of the course and allow the student to:*

- *Understand that at each orbital are associated mathematical functions which determine their size, shape and orientation*
- *Be able to quantify the network energy of ionic compounds and correlate all the energetic processes inherent to the formation of these compounds.*
- *Be able of interpreting Latimer, Frost, Pourbaix and Ellingham diagrams.*
- *Know the properties of oxides and hydrides and predict which oxyacids are stronger.*
- *Know the properties of coordination compounds and organometallics, predict their stability by application of 18 electrons rule, by covalent and ionic methods.*

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

*A transmissão dos conteúdos programáticos é fundamentalmente de carácter expositivo. No entanto, pretende-se também que haja lugar para a colocação de questões, conduzindo ao diálogo em grupo.*

*A parte prática consiste na execução de trabalhos em grupo: exercícios, experiências laboratoriais e relatórios. Estas modalidades estão associadas aos conteúdos da unidade curricular e permitem ao aluno responsabilizar-se e socializar-se.*

*O aluno é avaliado através de 2 provas escritas individuais nota teórica (70%), uma nota prática (30%) relativa aos trabalhos laboratoriais e relatórios em grupo e a 2 testes práticos, havendo obrigatoriedade de ter nota mínima de 10 a ambas as componentes.*

*A parte prática terá uma componente de 60% relativa aos laboratórios/relatórios e 40% dos testes práticos. Estas notas só fazem média quando ambas forem positivas.*

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

*The transmission of the syllabus is based essentially on theoretical exposition, followed by general questions to the students to promote dialogue. The practical part consists in group work: exercises, laboratory experiments and reports, associated with the syllabus of the course, allowing students to take responsibility and socialize.*

*Assessment is based on written tests and laboratory work.*

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

*Nesta unidade curricular a metodologia das aulas teóricas incide na apresentação verbal dos conteúdos programáticos tentando sempre interrogar os alunos sobre os vários problemas/questões que vão surgindo e tentando, sempre que possível, que sejam eles a tirar as conclusões. As aulas teórico-práticas, em que são resolvidas questões/problemas mais teóricas permitem aplicar e consolidar os conceitos teóricos e as aulas práticas de laboratório além de permitirem ao aluno uma maior experiência a nível de técnicas laboratoriais, permitem verificar algumas das propriedades das espécies inorgânicas que foram apresentados nas aulas teóricas. Pretende-se que haja sempre ligação entre os conteúdos das aulas teóricas e das aulas práticas, assim como uma avaliação ponderada das 2 componentes, tendo em conta que parte do trabalho desenvolvido nas práticas será em grupo.*

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

*In this course the methodology of lectures focuses on verbal presentation of the syllabus, always trying to question the students about the various problems / issues that arise and trying, wherever possible, that students draw the conclusions. In the theoretical-practical lessons issues/problems resolved allows them to apply and consolidate the theoretical concepts and laboratory practical classes, besides allowing the student to experience a higher level of laboratory techniques, allow them to check some of the properties of inorganic species that were presented in lectures also allow to experimentally determine parameters that were presented in class theoretical. It is intended that the contents of lectures and practical classes were always linked, and an evaluation of the two components will take place, taking into account that practical work will be in performed in group.*

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

1. Ana M. V. Cavaleiro (2004). *Química Inorgânica Básica. Universidade de Aveiro*
2. Shriver, Atkins and Langford (2009). *Inorganic Chemistry. WHFreeman*
3. Huheey, J., Keiter, E., Keiter, R. (1997). *Inorganic Chemistry. Prentice Hall*

#### Mapa IV - Métodos Instrumentais de Análise

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

*Métodos Instrumentais de Análise*

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

*Instrumental Methods of Analysis*

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

Q

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T30+PL30*

##### 4.4.1.6. ECTS:

6

##### 4.4.1.7. Observações:

-

##### 4.4.1.7. Observations:

-

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

*Maria José Alvelos Pacheco, 60 h*

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

-

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

*A UC Métodos Instrumentais de Análise tem como objetivo geral fornecer os conhecimentos básicos sobre as técnicas instrumentais de análise, habitualmente, usadas em laboratórios de análise química. Serão alvo de estudo os métodos de espectrofotometria absorção molecular no UV-Vis, de espectroscopia de absorção e emissão atómica, eletroanalíticos e cromatográficos.*

*No final desta UC os estudantes deverão ser capazes de:*

- conhecer os princípios básicos de funcionamento dos equipamentos e saber utilizar corretamente alguns dos mais usados em laboratórios de análise química.
- avaliar as vantagens e as limitações dos diferentes métodos.
- saber selecionar o método instrumental mais adequada para a resolução de um problema proposto num caso de estudo, com base nos conhecimentos teóricos adquiridos e usando a literatura científica.
- saber interpretar, explicar e expressar corretamente os resultados.
- estar familiarizados com os procedimentos de validação de métodos analíticos.

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

*The Instrumental Analysis Methods course aims to provide general basic knowledge of the instrumental techniques of analysis usually used in chemical analysis laboratories, namely, the UV-Vis molecular spectrophotometry, atomic absorption/emission spectroscopy, electroanalytical and chromatographic methods.*

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

- know the basic principles of the equipment operation and know to use properly some of the most used in chemical analysis laboratories.
- assess the benefits and limitations of different instrumental methods.
- select an appropriate instrumental method to solve a particular problem in a case study, based on theoretical knowledge and using scientific literature as a resource.

- *interpret, explain and express accurately the analytical results.*
- *be familiar with the analytical methods validation procedures.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### 1-Introdução aos Métodos Instrumentais de Análise

##### 1.1- Conceitos e metodologias em análise instrumental

##### 1.2- Métodos de calibração

##### 1.3- Conceitos básicos de validação de métodos analíticos. Parâmetros de qualidade de um método analítico

##### 2- Métodos espectroscópicos

##### 2.1- Espectrofotometria de absorção molecular no UV-Vis

##### 2.2-Espectroscopia de absorção atómica com chama e electrotérmica

##### 2.3- Espectroscopia de emissão atómica com chama e ICP

##### 3- Métodos cromatográficos

##### 3.1- Introdução aos métodos cromatográficos

##### 3.2- Cromatografia líquida de alta eficiência- HPLC

##### 3.3- Cromatografia gasosa

##### 3.4- Técnicas hífenadas.

##### 4- Métodos electroanalíticos

##### 4.1- Introdução aos métodos electroanalíticos

##### 4.2- Métodos potenciométricos

##### 4.3- Métodos voltamétricos

#### 4.4.5. Syllabus:

##### 1-Introduction to instrumental methods of analysis

##### 1.1- Fundamental concepts and methodologies in instrumental analysis

##### 1.2- Calibration techniques

##### 1.3- Basic concepts of analytical methods validation. Quality parameters of an analytical method.

##### 2- Spectroscopic methods

##### 2.1- UV-Vis molecular absorption spectrophotometry

##### 2.2- Flame and electrothermal atomic absorption spectroscopy

##### 2.3- Flame atomic emission spectroscopy and ICP

##### 3- Chromatographic methods

##### 3.1- Introduction

##### 3.2- High-performance liquid chromatography

##### 3.3- Gas chromatography

##### 4- Electranalytical methods

##### 4.1- Introduction to electroanalytical methods

##### 4.2- Potentiometric methods

##### 4.3- Voltammetric methods

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

*Para o cumprimento dos objetivos desta UC é necessário ter em conta que para a determinação de algumas espécies químicas existe uma vasta série de questões que devem ser abordadas. Assim, o primeiro item dos conteúdos programáticos desta UC fornecerá uma visão geral da química analítica onde serão abordados tópicos importantes para o desenvolvimento de protocolos experimentais e para a interpretação de dados analíticos. Os alunos deverão desenvolver conhecimentos sobre os principais métodos instrumentais de análise química, para que possam determinar qual a técnica que deve ser usada para a resolução de um problema particular. Assim, nos Conteúdos Programáticos, para cada técnica estudada será dada ênfase à base das medições, o tipo de informação que pode ser obtido a partir dessas medições e as limitações do método. Nos métodos de análise instrumental estudados serão apresentados exemplos de aplicações representativas que permitem fazer a ligação entre a teoria e a prática.*

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

*In order to be able to meet the overall aims of this course, there are a long serie of questions which must be answered. So, in the Syllabus of this course an introductory item, will provide an overview of analytical chemistry and it will be explored topics which are important in developing good experimental protocols and interpreting experimental results. Students should develop sufficient knowledge about the major instrumental methods of chemical analysis so that they can determine what technique should be used to solve a particular problem. So, in the Syllabus in each technique it will focus the basis of the measurement, the type of information that can be obtained from the measurement and the limitation of the method. In instrumental analysis techniques, it will be studied representative applications which link theory and practice.*

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

*O ensino será estruturado em aulas presenciais: teóricas, teórico-práticas e práticas de laboratório.*

*Nas aulas teóricas, que serão ministradas com ajuda de meios áudio-visuais, será dada uma visão global das técnicas estudadas, com especial incidência para os conceitos mais importantes para a compreensão da mesma.*

*Nas aulas teórico-práticas aplicam-se os conhecimentos mediante resolução de problemas.*

*Ao longo do semestre serão realizadas práticas de laboratório utilizando os métodos instrumentais estudados.*

*Realização de um projecto sobre um caso de estudo cuja realização se deverá centrar nos requisitos necessários para o desenvolvimento e aplicação de metodologias e/ou procedimentos e de tratamento de dados que permitam a validação de métodos.*

*A avaliação dos alunos é feita com base em testes escritos, no trabalho de laboratório e no trabalho de projeto.*

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

*The teaching in this course will be structured in three types of lectures theoretical, theoretical-practical and laboratory practices.*

*In the theoretical lectures, which will be taught with the help of audiovisual equipment, will be given an overview of the technique studied, with particular focus on the most important concepts to understand them.*

*In the theoretical-practical lectures the theoretical fundamentals will be applied in problem-solving exercises.*

*Throughout the semester will take place laboratory practices that will reinforce the material covered during lectures.*

*Students are asked to develop a case study project whose realization should focus on the necessary requirements for the development and application of methodologies and/or procedures and data processing that allow the validation of methods.*

*Student assessment is based on written tests, laboratory work, and case study project.*

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

*A Unidade Curricular Métodos Instrumentais de Análise tem como objetivo geral fornecer os conhecimentos básicos sobre as técnicas instrumentais de análise, mais vulgarmente utilizadas para a análise numa vasta gama de aplicações. Nas aulas teóricas onde serão abordados os fundamentos dos diferentes métodos instrumentais, com especial incidência para os conceitos mais importantes que permitem a compreensão da mesma. A aprendizagem baseada em resolução de problemas é de igual forma coerente com os objetivos do curso, proporcionando conhecimentos sobre técnicas analíticas químicas modernas, promovendo, de igual forma, a aprendizagem cooperativa e a participação ativa dos alunos. As práticas de laboratório são projetadas para reforçar e complementar as matérias abordadas durante as aulas teóricas, e permitir que os alunos ganhem experiência no manuseamento de instrumentação analítica.*

*Para que os alunos compreendam de uma forma mais consistente todos os aspetos da escolha de um método e da apresentação de resultados analíticos, será proposta a realização de um projeto sobre um caso de estudo cuja realização se deverá centrar nos requisitos necessários para o desenvolvimento e aplicação de metodologias e / ou procedimentos analíticos e de tratamento de dados que permitam a validação de métodos. O caso de estudo será realizado em grupos de 2 ou 3 alunos, e será apresentado sob a forma de relatório e oralmente e discutido na aula.*

*Estes projectos darão aos alunos uma visão global e integrada de toda a unidade curricular e estimularão o hábito de pesquisa bibliográfica.*

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

*The Instrumental Analysis Methods course aims to provide general basic knowledge of the instrumental techniques of analysis usually used in many different applications. In the theoretical classes it will be covered the instrumental analysis fundamentals focusing in the most important concepts for a solid understanding of a particular analysis method. The problem-based learning is also consistent with the objectives of this course providing experience in the applications of modern chemical analytical techniques and promoting cooperative learning and students' active participation. The laboratory practices are designed to reinforce and supplement the material covered during lectures, and allow for substantial hands-on experience with analytical instrumentation. To give a better opportunity for the students to understand all aspects of choosing a method and providing analytical results, a case study project will be proposed and it will focus on the requirements for a developing and testing methodologies and/or procedures and data treatment for the validation of an analytical method. This case study project will be done in groups of 2 or 3 students and it will be presented by a report and a short oral presentation and discussion in the class by students. This project will give to the students an overall and integrated vision of the course and stimulate their literature research skills.*

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

1. D. Harris (2008). *Análise Química Quantitativa*, 7ª ed., LTC.

2. D.A. Skoog, D. West, F.J. Holler, S.R. Crouch (2000). "Analytical Chemistry. An Introduction", 7th ed., Thomson Learning.

3. F. Rousseac, A. Rousseac (2007), *Chemical Analysis: Modern Instrumentation Methods and Techniques*, 2nd ed., Wiley.

4. G.D. Christian (2004). *Analytical Chemistry*. 6th ed., Wiley.

5. M. L. S. Gonçalves (2001). *Métodos Instrumentais para Análise de Soluções: Análise Quantitativa*, 4ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian.

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

*Microbiologia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Microbiology*

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

*Q*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

T30+PL30

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

Opção 5

**4.4.1.7. Observations:**

Option 5

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

Fernanda da Conceição Domingues, 60 h

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

-

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

*Iniciar os alunos em conceitos teóricos fundamentais de Microbiologia, nas técnicas básicas de Microbiologia prática, com especial destaque para os ensaios microbiológicos a águas de consumo.*

*Os alunos devem perceber os princípios e fundamentos da microbiologia, a constituição da célula procariota e seu metabolismo, assim como a distinção de vários grupos bacterianos.*

*Os alunos devem ser capazes de realizar técnicas laboratoriais de modo a identificar e distinguir Eubacterias.*

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

*Start students in fundamental theoretical concepts of Microbiology, the basic techniques of microbiology practice, with particular emphasis on the microbiological testing of water consumption.*

*Students should understand the basics and fundamentals of microbiology, the constitution of the prokaryotic cell and its metabolism, as well as the distinction of various bacterial groups.*

*Students should be able to perform laboratory techniques to identify and distinguish eubacteria.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*História e desenvolvimento da Microbiologia.*

*A célula procariota e eucariota. Estruturas da célula procariota.*

*Metabolismo bacteriano. Fermentações.*

*Tipos de bactérias.*

*Processos bioquímicos: utilização da energia.*

**4.4.5. Syllabus:**

*History and development of microbiology.*

*The prokaryotic and eukaryotic cell. Prokaryotic cell structures.*

*Bacterial metabolism. Fermentations.*

*Types of bacteria.*

*Biochemical processes: use of energy.*

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

*Os alunos devem perceber os princípios e fundamentos da microbiologia, a constituição da célula procariota e seu metabolismo, assim como a distinção de vários grupos bacterianos.*

*Os alunos devem ser capazes de realizar técnicas laboratoriais de modo a identificar e distinguir eubactérias.*

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

*Students should understand the basics and fundamentals of microbiology, the constitution of the prokaryotic cell and its metabolism, as well as the distinction of various bacterial groups.*

*Students should be able to perform laboratory techniques to identify and distinguish eubacteria.*

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

*Metodologias de ensino utilizadas: aulas teóricas com apresentação do docente e alunos e aulas práticas laboratoriais coordenadas com a matéria leccionada nas aulas teóricas, orientadas pelo docente e realizadas pelos alunos com elaboração dos respetivos relatórios.*

*A classificação durante o período de ensino e aprendizagem (CEA) é determinada pela seguinte expressão:*

$CEA = 80\% TE + 20\% PL$

onde, *TE* corresponde à classificação obtida no teste escrito, *PL* à classificação obtida na componente prática laboratorial (trabalhos práticos).

Dispensa a exame se  $CEA = 10$  valores.

A classificação final, se obtida por exame, é determinada pela seguinte expressão:

$CF = 80\% E + 20\% PL$

onde *E* corresponde à classificação obtida na prova teórica, *PL* à classificação obtida na componente prática durante o período ensino e aprendizagem.

Assiduidade: 75% aulas *TP* e 100% aulas *PL*

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

*Teaching methodologies used: lectures with presentation of teacher and students and laboratory classes coordinated with the material taught in lectures, guided by professor and performed by students compiling their reports.*

*Classification during the period of teaching and learning (CEA) is determined by the following expression:*

$CEA = 80\% TE + 20\% PL$

where, *TE* corresponds to the classification obtained in the written test, *PL* to the classification obtained in the practical laboratory component (practical works).

*Examination waived if CEA = 10 values*

*The final grade, if obtained by examination, is determined by the following expression:*

$CF = 80\% E + 20\% PL$

where *E* corresponds to the classification obtained in the theoretical test, *PL* to the classification obtained in the practical component during the teaching and learning period.

*Attendance: 75% *TP* classes and 100% *PL* classes.*

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

*Para que o estudante adquira as competências propostas para a unidade curricular, serão ministradas aulas teóricas de forma expositiva com ajuda de meios audiovisuais, bem como serão utilizadas metodologias de formação ativas, com componente prática em contexto laboratorial. Nas aulas práticas serão realizados trabalhos experimentais que aplicam os conceitos teóricos, com análise, interpretação e discussão de resultados. Com base nos materiais de aprendizagem organizados e disponibilizados são delimitadas zonas temporais de autoaprendizagem intra-grupos com elaboração de conteúdos e partilha desta aquisição de competências pelos alunos de forma expositiva em contexto de aula.*

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

*In this subject, the methodology used is based on the objectives to be achieved and skills to be developed by the students. Access to learning is done in expository, with the help of audiovisual mediums, and active in training methodologies on laboratory. The laboratorial lectures involve experimental work in which students apply theoretical concepts, as well as in analysis, interpretation and discussion of results. Based on the learning materials organized and available, time zones are bounded with self-learning intra-groups reporting and skills shared by students in a classroom in an expository context (seminars).*

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

*Bibliografia Principal*

1. Willey J, Sherwood LM and Woolverton CJ (2011). *Prescott's Microbiology*, 8th edition. New York: McGraw-Hill

2. Canas Ferreira WF, Sousa JC and Lima N (2010). *Microbiologia*. Lidel, Edições Técnicas

*Bibliografia Complementar*

3. Madigan MT, Martinko JM and Parker J (2008). *Brock Biology of Microorganisms*, 12th ed. Prentice Hall

4. Cappucino JG and Sherman N (2008). *Microbiology - A Laboratory Manual*, 8th ed. Addison-Wesley

### Mapa IV - Análise e Tratamento de Dados

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Análise e Tratamento de Dados*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Data Analysis and Processing*

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

*Q*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168*



**4.4.1.5. Horas de contacto:***T30+TP30***4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:***Opção 5***4.4.1.7. Observations:***Option 5***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Arlindo Caniço Gomes, 60 h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

-

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Esta unidade curricular pretende dotar os alunos com um conjunto de competências/conhecimentos que se traduzem na aquisição das seguintes capacidades para:*

- *analisar, avaliar e apresentar resultados experimentais em termos estatísticos*
- *identificar, minimizar e quantificar origens e fontes de erro em química*
- *demonstrar capacidade para intervir nos procedimentos de medição e quantificação comuns em laboratórios, de forma a aumentar a respetiva fiabilidade*
- *demonstrar capacidade para interpretar e comparar resultados experimentais obtidos em diversos contextos, antes e depois de serem sujeitos a tratamento estatístico*
- *no âmbito das análises de probabilidades, calcular a possibilidade de obter determinados resultados e medições experimentais recorrendo a resultados ou medições anteriores*
- *planear, concretizar e tratar os resultados de determinações analíticas baseadas em curvas de calibração ou método da adição de padrão*

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***This course aims to enable students with a set of skills/knowledge corresponding to acquisition of the following capabilities to:*

- *analyze, evaluate and present experimental results in statistical terms*
- *identify, quantify and minimize origins and sources of error in chemistry*
- *demonstrate the ability to intervene in the procedures for measurement and quantification commonly used in laboratories in order to increase their reliability*
- *demonstrate the ability to interpret and compare experimental results obtained in various contexts, before and after being subjected to statistical analysis*
- *within the analyzes of probabilities, be able to calculate the possibility to obtain certain results and experimental measurements using previous measurement or results*
- *plan, deliver and treat the results of analytical determinations based on calibration curves or by standard addition method*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1 *Aplicação da estatística à Química. Introdução e Revisão de Conceitos*
- 2 *Probabilidades e Análise Combinatória*
  - 2.1 *Probabilidade e distribuições mais comuns (discretas e contínuas): normal, t, Qui-Quadrado e F*
  - 2.2 *Testes de hipóteses: a hipótese nula e alternativa, erros de tipo I e II, teste F e t (emparelhado e não emparelhado)*
- 3 *Erros*
  - 3.1 *Erros em química analítica (origens e consequências)*
  - 3.2 *Tipos de erros (aleatórios e sistemáticos)*
  - 3.3 *Média e desvio padrão*
  - 3.4 *Distribuição dos erros*
  - 3.5 *Apresentação de resultados e intervalos de confiança*
  - 3.6 *Propagação de erros aleatórios e sistemáticos*
- 4 *Análise de Variância: ANOVA*
  - 4.1 *Comparação de várias médias*
  - 4.2 *Análise de variância: one-way and two way*
  - 4.3 *Outros testes de significância: teste-t, teste F, pontos aberrantes e teste qui-quadrado*
- 5 *Calibração e Regressão*
  - 5.1 *Curvas de calibração em análise instrumental*
  - 5.2 *Regressão linear simples (não ponderada) e ponderada*

**4.4.5. Syllabus:**

1 Application of statistics to chemistry. Introduction and revision of definitions

2 Probability and Combinatory analysis

2.1 Probability and common probability distributions (discrete and continuous): normal distribution, t-distribution, Chi-Squared distribution and F-distribution

2.2 Hypothesis tests: null and alternative, type I and II errors, F and t tests (paired and unpaired)

3 Errors

3.1 Errors in quantitative analysis

3.2 Type of errors (radon and systematic)

3.3 Mean and standard deviation

3.4 Errors Distributions

3.5 Results presentation and confidence limits of the mean

3.6 Propagation of radon and systematic errors

4 Analysis of variance: ANOVA

4.1 Comparison of several means

4.2 Separation and estimation of variance: one-way and two away

4.3 Other significance tests: T-Test, F-Test, outliers and Chi-Squared test

5. Calibration and regression

5.1 Calibration curves in instrumental analysis

5.2 Linear regression (simple and weighted)

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

*As competências e os conhecimentos adquiridos nesta unidade curricular permitem aos estudantes concretizar as rotinas de medição e quantificação comuns em laboratórios, minimizando os erros e aumentando a fiabilidade dos resultados. Os alunos poderão ainda intervir nos procedimentos comuns em laboratórios analíticos através da análise, avaliação, apresentação e comparação de resultados em termos estatísticos. No âmbito do cálculo de probabilidades poderão antecipar ocorrências em função da análise de resultados experimentais anteriores.*

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

*The skills and knowledge acquired in this course enable students to realize the quantification and measurement routines common used in laboratories, reducing errors and increasing the reliability of the results. Students may also intervene in the common procedures in analytical laboratories through analysis, evaluation, presentation and comparison of results in statistical terms. In the context of calculating probabilities can predict occurrences on the basis of analysis of experimental results above.*

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

*As atividades de ensino/aprendizagem da Unidade Curricular incluem aulas teóricas com exposição dos temas, exemplos de contexto e de aplicação pelo docente com recurso a apresentações powerpoint (as quais são facultadas antecipadamente aos estudantes e incluem tópicos e contextos para discussão na aula); aulas teórico-práticas nas quais são resolvidos exercícios selecionados pelos alunos em função das dificuldades manifestadas, os quais constam de fichas (uma por cada tópico lecionado).*

*A avaliação é feita com base em testes escritos e na participação nas aulas T e TP*

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

*The activities of teaching/learning include lectures with exposure of the issues, examples of context and application by the teacher using powerpoint presentations (which are provided to students in advance and include topics and contexts for discussion during classes); lessons for the resolution of theoretical and practical exercises which are selected by students according their difficulty among the exercises presented (one series per chapter taught). Student assessment is based on written tests and engagement during classes (T and TP)*

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

*Atendendo a que a componente prática laboratorial da formação em Química é fortemente assegurada noutras Unidades Curriculares, pretendeu-se que os alunos no âmbito da "Análise e Tratamento de Dados" adquirissem as competências e os conhecimentos necessários para melhorar o seu desempenho prático e concretizar o tratamento estatístico dos resultados das medições e quantificações concretizadas. Assim, além do suporte obtido nas aulas teóricas existe uma forte preocupação com a aplicação destas competências num espetro muito amplo de situações tomando como referência as atividades de laboratórios, processos de análise e controlo de qualidade e de validação de resultados experimentais no âmbito da investigação e desenvolvimento. Este aspeto é concretizado nas aulas teórico-práticas e traduzido nos exemplos e exercícios propostos.*

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

*Considering that the chemistry laboratory skills are already taught in other classes, here we intend that students acquired the knowledge and the skills required to improve and implement the statistical analysis of experimental data and quantifications performed. Beside the theoretical support from classes we implement several opportunities for the use of the taught issues in the context of laboratory activities, analysis and control of quality, methods and results validation for research and development activities. These last issues are achieved through theoretical-practical classes, which include several examples and exercises.*

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

1. Cordeiro N e Magalhães A (2004). *Introdução à Estatística - Uma perspectiva química*. Lidel
2. Murteira BJB (1979). *Probabilidade e Estatística*. McGraw-Hill
3. Robalo A (1991). *Estatística, vol. I, II e III. Edições Sílabo*
4. Ryan TP (2007). *Modern Engineering Statistics*. Wiley-Interscience
5. Rowe P (2007). *Essential Statistics for the Pharmaceutical Sciences*. Willey
6. Skoog DA, West DM and Holler FJ (1990). *Analytical Chemistry: An introduction, 5th ed.* Saunders College Publishing
7. Miller JC and Miller JN (1984). *Statistics for analytical chemistry*. Ellis Horwood and Prentice Hall

#### Mapa IV - Higiene, Segurança e Qualidade

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

*Higiene, Segurança e Qualidade*

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

*Hygiene, Safety and Quality*

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

*Q*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T30+TP30*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*Opção 5*

##### 4.4.1.7. Observations:

*Option 5*

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

*Maria Emília da Costa Cabral Amaral, 30 h*

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

*Ana Paula Nunes de Almeida Alves da Costa, 30 h*

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

*Nesta Unidade Curricular pretende-se que o estudante adquira os conhecimentos fundamentais nos seguintes domínios: higiene, segurança e saúde no trabalho e certificação de sistemas de gestão da qualidade.*

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

*This course aims to provide the fundamental knowledge in the following areas: health, safety and health at work and in certification quality management of systems.*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Noções gerais e legislação de segurança, higiene e saúde no trabalho*
2. *Análise de riscos*
3. *Equipamentos de protecção individual*
4. *Contaminação química e biológica*
5. *Radiações ionizantes e não ionizantes*
6. *Riscos físicos: ruído, vibrações, corrente elétrica, ambiente térmico e iluminação*
7. *Conceito da Qualidade e a Evolução histórica do conceito da Qualidade*
8. *O Sistema Português da Qualidade, os subsistemas de Normalização, Metrologia e Qualificação (Certificação e Acreditação)*
9. *Introdução à Gestão da Qualidade e às Normas da série ISO 9000: NP EN ISO 9000:2005, NP EN ISO 9001:2008 e*

ISO 9004:2009

**10. Metodologias para a implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ)**

**4.4.5. Syllabus:**

1. *General concepts and rules of safety, hygiene and health at work*
2. *Risk analysis*
3. *Individual protection equipment*
4. *Chemical and Biological Contamination*
5. *Ionizing and non ionizing radiations*
6. *Physical risks: noise, vibration, electrical current, thermal environment and lighting*
7. *Quality concept and historical evolution of the concept of Quality*
8. *The Portuguese Quality System, the subsystems of Standards, Metrology and Qualification (Certification and Accreditation)*
9. *Introduction to Quality Management and ISO 9000 standards: NP EN ISO 9000:2005, NP EN ISO 9001:2008 and ISO 9004:2009*
10. *Methodologies for the implementation of a Quality Management System (QMS)*

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

*No final desta UC o estudante deve ser capaz de:*

- Aplicar normas de higiene e segurança na realização do trabalho para proteção da sua saúde e do ambiente laboral.*
- Aplicar técnicas adequadas de manuseamento de agentes biológicos, químicos radioativos e físicos segundo as normas de higiene laboral.*
- Identificar as causas e consequências dos acidentes de trabalho.*
- Selecionar os EPI em função das características dos utilizadores, da natureza dos riscos e dos tipos de trabalho.*
- Utilizar o vocabulário e linguagem da qualidade .*
- Explicar a importância da gestão por processos numa Organização.*
- Descrever, implementar e interpretar a finalidade de um SGQ e o seu papel nas instituições.*

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

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

- Apply hygiene and safety standards in carrying out the work to protect their health and the work environment.*
- Apply appropriate techniques for handling the biological agents, radioactive chemical and physical, according to industrial hygiene standards*
- Identify the causes and consequences of accidents at work.*
- Select the IPE based on the characteristics of users, the nature of the risks and types of work.*
- Know the vocabulary and quality language.*
- Know the importance of management by process in an Organization.*
- Describe, implement and interpret the purpose of a Quality Management System and its role in the institutions.*

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

*O ensino nesta UC será estruturado em aulas presenciais: teóricas e teórico-práticas. Nas aulas teóricas, que serão ministradas com ajuda de meios audio-visuais, será realizada a exposição da matéria e promovida a discussão dos temas desenvolvidos de acordo com o programa. Nas aulas teórico-práticas aplicam-se os conhecimentos mediante resolução de problemas.*

*Realização de um seminário, em grupo, sobre higiene e segurança no trabalho ou certificação de sistemas de gestão da qualidade, resolução de um caso real.*

**1. Avaliação contínua**

*Parte teórica: três testes parciais, cuja média terá de ser igual a 9,50 valores ou superior; ou exame final, onde terá de ter como nota mínima 9,50 valores.*

**2. Monografia a realizar apenas no módulo II: nota mínima de 10,0 valores ponderada em termos de:**

- a) *qualidade do trabalho escrito; b) apresentação oral e discussão*

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

*This course is organized into theoretical and theoretical-practical. In the theoretical lectures, which will be taught with the help of audiovisual mediums, will be given an overview of the subject and organized the discussion of the themes developed in accordance with the program. In the theoretical-practical lectures the theoretical fundamentals will be applied in problem-solving exercises.*

*Students will develop a seminar theme, related with health and safety at work or certification of quality management systems, solving a real case.*

**1. Continuous Evaluation**

*Theoretical part: three partial tests, whose average must be equal to 9.50 or higher; or final exam, where you must have a minimum grade of 9.50.*

**2. Monograph to be done in module II only: minimum grade of 10.0**

*weighted values in terms of:*

- a) *quality of the written work;*
- b) *oral presentation and discussion*

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

*O ensino é centrado no aluno, com participação ativa no processo de aprendizagem, o que irá permitir maior desenvolvimento das suas capacidades de raciocínio e auto-avaliação. A metodologia pedagógica aplicada baseia-se no ensino por objetivos educativos.*

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

*Teaching process will be focused on the student, where its active participation in the learning process will allow greater development of thinking skills and self-evaluation. The pedagogical methodology applied is based on teaching educational objectives.*

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

1. A. Pires Ramos (2004) *QUALIDADE – Sistemas de Gestão da Qualidade*, Editora Sílabo Gestão, Ed. 3.
2. M. Alberto Sérgio, (2007) *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*, Porto Editora, Ed. 10.
3. Normas NP EN ISO 9000, NP EN ISO 9001, ISO 9004
4. Norma NP EN ISO 9000:2005 – *Sistemas de Gestão da Qualidade. Fundamentos e Vocabulário*. Instituto Português da Qualidade
5. Norma NP EN ISO 9001:2008 – *Sistemas de Gestão da Qualidade. Requisitos*. Instituto Português da Qualidade
6. Norma ISO 9004:2009 – *Managing for the sustained success of an organization – A quality management approach*. International Organization for Standardization (ISO)
7. Norma NP 4433:2005 - *Linhas de Orientação para a documentação do Sistema de Gestão da Qualidade*. Instituto Português da Qualidade
8. Norma NP ISO 10002:2007 - *Gestão da Qualidade. Satisfação dos Clientes. Linhas de Orientação para Tratamento de Reclamações nas Organizações*. Instituto Português da Qualidade

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

*Química do Ambiente*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Environmental Chemistry*

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

*Q*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T30+PL30*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*-*

**4.4.1.7. Observations:**

*-*

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

*Arlindo Caniço Gomes*

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

*-*

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

*Apresentação e domínio das tecnologias aplicáveis à remediação de líquidos, solos e gases.*

*Como objetivos específicos:*

- 1 – Identificar e monitorizar os principais parâmetros de operação*
- 2 – Descrever as principais tecnologias aplicadas ao tratamento de efluentes*
- 3 – Promover oportunidades para reutilização*

*No final da UC o estudante deverá ser capaz de entender os fundamentos biológicos, químicos e físicos aplicados na monitorização e tratamento de água, efluentes e resíduos sólidos. Especificamente, deverá descrever os princípios de operação das ETAR e resolver problemas relacionados com a monitorização e desempenho.*

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

*Presentation and mastery of technologies applicable to liquid, soil and gas remediation.*

*As specific goals are pointed out the following:*

- 1 - *To identify and monitor the main operational parameters*
- 2 - *To describe the main technologies applied in effluent treatment*
- 3 - *Promote reuse opportunities*

*Before the completion of this course students should be able to understand the fundamentals of biological, chemical and physical aspects applied on monitoring and treatment of water, wastewater and solid waste. Specifically they should describe fundamental principles of wastewater treatment processes and solve problems related with monitoring and treatment processes.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Qualidade e ambiente. Prevenção da poluição. Poluição hídrica. Indicadores da qualidade das águas e efluentes. Tecnologias de tratamento de águas e efluentes. Pré-tratamento e Tratamento primário: principais operações a aplicar, nomeadamente crivagem, tamização, gradagem, desarenação, igualização, neutralização, sedimentação, flotação e coagulação-floculação. Métodos biológicos para o tratamento de efluentes líquidos: processos aeróbios e anaeróbios. Processos de polimento: bioadsorção, técnicas de desinfecção e tecnologias de membrana. Poupança de recursos e reutilização. Resíduos sólidos. Recolha e transporte. Gestão de resíduos. Biotratamento de resíduos sólidos urbanos: valorização orgânica e energética. Contaminação atmosférica: poluentes. Processos de prevenção e monitorização. Biorremediação de contaminantes gasosos.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Environmental Quality. Prevention of pollution. Water pollution: water quality control and water purification. Physical-chemistry and biological processes. Physical units: grit chambers, equalization basins, primary sedimentation tanks and dissolved air flotation. Chemical units: coagulation/flocculation. Biological methods to treat liquid effluents: aerobic and anaerobic systems. Polishing technologies: bio-sorption, disinfection and membranes technologies. Recycling and saving resources. Alternative technologies for industrial wastewater treatment. Solid waste: strategies of monitoring and management. Basic processes on solids treatment: mechanical and biological treatment. Composting. Pyrotechnology. Sanitary landfills. Gaseous pollutants: monitoring and control of particulate pollutants and gases. Sustainable sources of energy: biofuels. Economical and environmental impact of pollutants: national and European regulations.*

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

*Objetivos da Unidade Curricular*

*O objetivo da UC Química do Ambiente é ensinar os alunos a monitorizar a poluição ambiental. Os principais objetivos são os seguintes:*

- 1 - *Identificar parâmetros de monitorização utilizados na caracterização de águas e efluentes*
- 2 - *Descrever as principais tecnologias aplicadas no tratamento de efluentes*

*Resultados de aprendizagem da unidade curricular*

*Antes de concluir este curso, os alunos devem ser capazes de entender os fundamentos dos aspectos biológicos, químicos e físicos aplicados na monitorização e tratamento de água, efluentes e resíduos sólidos.*

*Especificamente, os alunos devem descrever os princípios biológicos dos processos de tratamento de águas residuais e resolver problemas relacionados aos processos de monitorização e tratamento.*

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

*Objectives of the Course Unit*

*The aim of Environmental Chemistry is to teach students to monitor the environmental pollution. As main goals are pointed out the following:*

- 1 - *To identify monitoring parameters used in water and wastewater characterization*
- 2 - *To describe the main technologies applied in effluent treatment*

*Learning outcomes of the course unit*

*Before the completion of this course students should be able to understand the fundamentals of biological, chemical and physical aspects applied on monitoring and treatment of water, wastewater and solid waste.*

*Specifically, they should describe the biological principles of wastewater treatment processes and solve problems related with monitoring and treatment processes.*

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

*Fórmula de cálculo da classificação ensino-aprendizagem (CEA) para Avaliação contínua (semestre).*

*O cálculo da classificação ensino-aprendizagem (CEA) será:*

*T1 e T2 - Testes*

*S - Seminário (apresentação e discussão sujeita a avaliação/aceitação prévia do docente)*

*PL - desempenho aulas PL*

*CEA=0,375xT1+0,375xT2+0,15xS+0,10xPL (opção com seminário)*

*CEA=0,45xT1+0,45xT2+0,10xPL (opção sem seminário).*

*Avaliação por exame*

*O exame será sempre realizado completo.*

*O cálculo da classificação ensino-aprendizagem (CEA) será:*

*CEA=0,75xExame+0,15xMonog.+0,10xPL (opção com seminário)*

*CEA=0,90xExame+0,10xPL (opção sem seminário).*

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

*Teaching methods.*

*Lectures in the class + workshops + training activities in the laboratory (experimental work) + exercises + case studies.*

*Assessment methods and criteria*

*The following Student Assessment Criteria are proposed:*

*Module examinations (2 written tests: T1 and T2) + Monography (M: presentation and discussion; after preliminary evaluation and acceptance) + skills and laboratory results (PL)*

*CEA=0,375xT1+0,375xT2+0,15xM+0,10xPL (option with monography)*

*CEA=0,45xT1+0,45xT2+0,10xPL (option without monography)*

*For CEA above 9,50 Approval; For CEA from 6 to 9.5 Exam is required; CEA below 6 Failed approval*

*Assessment with exam*

*CEA=0,75xExam+0,15xM.+0,10xPL (option with monography)*

*CEA=0,90xExam+0,10xPL (option without monography)*

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

*Aulas TE com desenvolvimentos dos tópicos pelo docente e pelos estudantes através da realização de monografias.*

*Realização de exercícios.*

*Aulas PL nas quais são concretizados procedimentos de acordo com metodologias do Standard Methods.*

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

*Theory classes with presentation of the topics by teacher and by the students through presentation of monographs.*

*Realization of Exercises.*

*Practical classes to realization of parameters determinations in water and wastewater using methodologies from Standard Methods.*

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

1. Dawei Han (2012). *Concise Environmental Engineering*. PhD & Ventus Publishing Aps

2. Merle de Kreuk, Nuria Marti, Yu Tao, Haoyu Wang. *SMA Test*. Delft University of Technology

3. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (eds).

4. M. Templeton and D. Butler (2013). "An introduction to Wastewater Treatment". bookboon.com

5. Metcalf and Eddy (2003). *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse, International Edition*, McGraw-Hill Editions ISBN 0-07-112250-8.

6. Hans-Joachim Jördening and Josef Winter (2005). *Environmental Biotechnology Concepts and Applications*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN 3-527-30585-8

7. Neelima Rajvaidya and Dilip Kumar Markandey(2005). *Environmental Biochemistry APH*, ISBN : 81-7648-789-9

**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:**

*As metodologias de ensino indicadas nas Fichas de Unidade Curricular dependem da natureza das respetivas Unidades Curriculares (UC)*

*Na maioria dos casos, a metodologia proposta inclui aulas de exposição / discussão da matéria e aulas de aplicação dos conhecimentos / resolução de problemas. Nalgumas UC está explicitamente prevista uma componente laboratorial. Entendeu-se não ser vantajoso tornar essa componente obrigatória nas UC com um caráter mais teórico mas, mesmo nessas, encoraja-se vivamente a realização de demonstrações experimentais ou o trabalho laboratorial dos alunos sempre que possível*

**4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:**

*The teaching methodologies indicated in the Curricular Unit Sheets depend on the nature of the respective Curricular Units (CUs).*

*In most cases, the proposed methodology includes exposition / discussion lectures and knowledge application / problem solving lessons. Some CUs explicitly include a laboratory component. It was considered not to be advantageous to make this component mandatory in CUs with a more theoretical character, but even in these, experimental demonstrations and student's lab work is strongly recommended whenever possible*

**4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:**

*A verificação de que a carga média de trabalho necessária aos estudantes para completar cada unidade curricular corresponde ao estimado em ECTS será feita com base em testemunhos de docentes e estudantes, na experiência acumulada na lecionação, na percentagem de cumprimento dos programas, na constatação da possibilidade ou impossibilidade de realizar os trabalhos propostos no prazo estipulado para o efeito e, ainda, na análise da progressão dos estudantes ao longo do curso e das taxas de aprovação na unidade curricular. Esta verificação será feita continuamente pela Comissão de Curso*

**4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:**

*The verification that the stated average student workload for each curricular unit corresponds to the estimates from the ECTS points will be based on testimonies from teachers and students, on the accumulated experience in teaching, on the compliance with the syllabus, on the perception of the possibility or impossibility to carry out the given assignments within the term duration, and also on the analysis of the students' progression along the course and the academic success rates in the curricular unit. This verification will be performed continuously by the course Course Committee*

**4.5.3. Formas de garantia de que a avaliação da aprendizagem dos estudantes será feita em função dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os objetivos das unidades curriculares estão fixados e divulgados publicamente na página do ciclo de estudos. Os critérios de avaliação são sugeridos pelo docente, discutidos com os estudantes, validados pelos Diretor de Curso e pelo Conselho Pedagógico*

*No Sistema de Informação Académica (Balcão Virtual), a cada unidade curricular corresponde um Processo Académico que integra: a Ficha de Unidade Curricular Anual (com objetivos, programa curricular, pré-requisitos e critérios de avaliação, inseridos pelo docente responsável e validados pelo Diretor de Curso), sumários, protocolos de trabalhos práticos, testes de avaliação de conhecimentos, exames e pautas de avaliação. Estes elementos estão acessíveis ao Diretor de Curso, ao Presidente de Departamento e ao Presidente de Faculdade. Poderão ser objeto de análise pela Comissão de Curso, sempre que se justifique, e tidos em conta no relatório de autoavaliação anual do ciclo de estudos*

**4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:**

*The objectives of the curricular units are fixed and published publicly in the page of the cycle of studies. The evaluation criteria are suggested by the teacher, discussed with the students, validated by the Course Director and by the Pedagogical Council*

*In the Online Academic Information System (Balcão Virtual), to each curricular unit corresponds an Academic Process that includes: the Annual Curricular Unit File (with objectives, curricular program, prerequisites and evaluation criteria, inserted by the responsible teacher and validated by the Course Director), summaries, practical work protocols, knowledge assessment tests, exams and evaluation results. These elements are accessible to the Course Director, the President of the Department and the President of the Faculty. They may be analyzed by the Course Committee, whenever justifiable, and taken into account in the annual self-assessment report of the cycle of studies*

**4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):**

*Apesar de ter como objetivo proporcionar aos alunos uma formação de base, o 1.º ciclo em Física e Aplicações pretende também despertar nos alunos o interesse pelas atividades de investigação científica em Física e áreas afins. Para além do contacto com tópicos atuais de investigação, possibilitado pela realização de seminários e cursos decorrentes da atividade normal dos departamentos envolvidos na lecionação do ciclo de estudos, os alunos serão também expostos, na sua regular interação com os docentes, a tópicos relacionados com os interesses de investigação destes. Os alunos, em particular aqueles que revelem elevado mérito académico, serão ainda incentivados a participar em escolas de verão e noutras iniciativas que promovam o contacto com a investigação*

**4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):**

*Although it aims to provide students with basic knowledge and training, the 1st cycle in Physics and Applications also aims to arouse students' interest in scientific research activities in Physics and related fields. In addition to contact with current research topics, made possible by seminars and courses resulting from the normal activity of the departments involved in teaching the study cycle, students will also be exposed, in their regular interaction with teachers, to topics related to the subjects. their research interests. Students, particularly those with high academic merit, will also be encouraged to participate in summer schools and other initiatives promoting contact with research*

**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 1.º ciclo em Física e Aplicações, conducente ao grau de licenciado, tendo por base os objetivos traçados e o conjunto de competências a adquirir pelos estudantes, foi concebido para ter 180 ECTS e a duração de três anos/seis semestres letivos. O volume de trabalho do estudante estimado, por ano curricular, corresponde a aproximadamente 1680 horas (1 ECTS = 28 horas) cumpridas em 40 semanas que incluem período letivo, preparação para avaliação e avaliação*

**4.6.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles 8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of DL no. 74/2006, republished by DL no. 65/2018, of August 16th:**

*The first cycle degree programme in Physics and Applications, based on the educational objectives and on the skills to be acquired by students, was designed to have 180 ECTS and the duration of three years / six semesters. The estimated student workload, per curricular year, corresponds to approximately 1680 hours (1ECTS = 28 hours) completed in 40 weeks, including the period of classes, preparation for evaluation and evaluation*



#### 4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

*A proposta foi discutida em reuniões de um grupo de trabalho e elaborada em articulação com representantes das áreas científicas que o integram. Refletiu-se sobre o peso de cada uma das áreas no plano de estudos, perspetivando uma formação base sólida nas diferentes áreas da Física e das suas aplicações, e a possibilidade de construir percursos coerentes que confirmam uma especialização em Física ou uma formação mais equilibrada em Física e Química.*

*No caso das UC de Física, os conteúdos programáticos, metodologias de ensino e avaliação, volume de tempo e trabalho associados foram definidos de forma colaborativa, em grupos que integravam os docentes mais envolvidos nas áreas científicas de cada unidade curricular.*

*As UC das outras áreas (Química, Matemática e Informática) são já lecionadas noutros ciclos de estudos. A proposta deste NCE foi aprovada nos órgãos do Departamento e da Faculdade*

#### 4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

*The proposal was discussed at meetings of a working group and prepared in conjunction with representatives of scientific areas that integrate it. The weight of each area in the syllabus was considered in detail, focusing on a solid foundation in the different areas of physics and its applications, and the possibility of building coherent pathways that give a specialization in physics or a more balanced formation in physics and chemistry*

*In the case of the curricular units (CUs) in Physics, the syllabus, teaching and assessment methodologies, associated time and workload were defined collaboratively, in groups that comprised the teachers most involved in the scientific areas of each curricular unit. The CUs of the other areas (Chemistry, Mathematics and Informatics) are already taught in other study cycles This proposal was approved by the Department and Faculty bodies*

### 4.7. Observações

#### 4.7. Observações:

<sem resposta>

#### 4.7. Observations:

<no answer>

## 5. Corpo Docente

### 5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

#### 5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

*Paulo André de Paiva Parada*

*João Pinheiro da Providência e Costa*

*Paulo Jorge da Silva Almeida*

*José Manuel Pé-Curto Velhinho*

*Jorge Manuel Maia Pereira*

### 5.3 Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)

#### 5.3. Equipa docente do ciclo de estudos / Study programme's teaching staff

Nome / Name	Categoria / Category	Grau / Degree	Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment regime	Informação/ Information
Paulo André de Paiva Parada	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Elsa Susana dos Reis da Fonseca	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Luís José Maia Amoreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física / Physics	100	Ficha submetida
Manuel Fernando Ferreira da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Helder Soares Vilarinho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Patrícia Damas Beites	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
César Augusto Teixeira Marques da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida

Rui Miguel Nobre Martins Pacheco	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
José Carlos Matos Duque	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Luísa Maria Jota Pereira Amaral	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Título de especialista (DL 206/2009)	Matemática	100	Ficha submetida
Mário Júlio Pereira Bessa da Costa	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Arlindo Caniço Gomes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Química	100	Ficha submetida
Ana Maria Carreira Lopes	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Química	100	Ficha submetida
Ana Paula Nunes de Almeida Alves da Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia do Papel	100	Ficha submetida
Cândida Ascensão Teixeira Tomaz	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Título de especialista (DL 206/2009)	Bioquímica	100	Ficha submetida
Fernanda da Conceição Domingues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Bioquímica	100	Ficha submetida
Maria José Alvelos Pacheco	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Química	100	Ficha submetida
Paulo Jorge da Silva Almeida	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	CTC da Instituição proponente	Química (especialidade química orgânica)/ Chemistry (organic chemistry speciality)	100	Ficha submetida
Rogério Manuel dos Santos Simões	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia do Papel	100	Ficha submetida
António Manuel Gonçalves Pinheiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrónica	100	Ficha submetida
António Rodrigues Tomé	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
João António da Silva Barata	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
João Pedro de Jesus Marto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
João Pinheiro da Providência e Costa	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		FÍSICA	100	Ficha submetida
Jorge Manuel Maia Pereira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física - Física Tecnológica	100	Ficha submetida
José Alberto Ribeiro Pacheco de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Ciências (Física Aplicada)	100	Ficha submetida
José Manuel Pé-Curto Velhinho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Luís Manuel Duarte Gomes Patrício	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Paulo Rodrigues Lima Vargas Moniz	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Paulo Torrão Fiadeiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Sandra da Costa Henriques Soares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física Nuclear	100	Ficha submetida
Santiago David Armando Reyes Cortes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Maria de Lurdes Franco Ciriaco	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Química	100	Ficha submetida
Abel João Padrão Gomes	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Information Systems and Computing - Geometric Modelling	100	Ficha submetida
Albertina Maria Mendes Marques Bento Amaro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Química	100	Ficha submetida
Maria Emilia da Costa Cabral Amaral	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia do Papel/ Génie des Procédés Papetiers	100	Ficha submetida

**3600**

&lt;sem resposta&gt;

**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.**

36

**5.4.1.2. Número total de ETI.**

36

**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:	36	100

**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):	36	100

**5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado****5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / "Specialised teaching staff" of the study programme.**

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme	24	66.6666666666667
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0
		36

**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	36	100
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
		36

**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.**

*Os docentes são avaliados com base no Regulamento de Avaliação e Desempenho (RAD), que incide nas vertentes de Investigação, Ensino, Transferência de Conhecimento e Tecnologia, e Gestão Universitária*

*Para a permanente atualização dos docentes contribuem a implementação de uma política de estímulo à investigação do Instituto Coordenador de Investigação e as ações dos Departamentos e das Unidades de Investigação às que os docentes estão afetos: organização de seminários e conferências, e financiamento de deslocações a eventos científicos*

*São de destacar as ações de formação pedagógica de docentes promovidas pelas Faculdades, com foco nas metodologias de ensino-aprendizagem e de avaliação e desafios no Ensino Superior, e as formações dinamizadas pelo centro de formação UBI (CFIUTE)*

*Existem ainda programas de intercâmbio e cooperação científica com instituições estrangeiras: missões de ensino e mobilidade (Erasmus e Euraxess); bolsas Fulbright; ações integradas (CRUP); e licenças sabáticas*

#### **5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.**

*Teachers are evaluated based on the Evaluation and Performance Regulation (RAD), which focuses on Research, Teaching, Knowledge Transfer and Technology, and University Management*

*Factors contributing to the permanent updating of teachers are the implementation of a research stimulating policy of the Research Coordinating Institute and the actions of the Departments and the Research Units to which the teachers are concerned: organization of seminars and conferences, and financing of trips to scientific events*

*It is worth highlighting the pedagogical training actions of teachers promoted by the Faculties, focusing on teaching-learning and assessment methodologies and challenges in Higher Education, and the training sessions promoted by the UBI Training Center (CFIUTE)*

*There are also scientific exchange and cooperation programs with foreign institutions: teaching and mobility missions (Erasmus and Euraxess); Fulbright grants; integrated actions (CRUP); and sabbaticals*

#### **5.6. Observações:**

-

#### **5.6. Observations:**

-

## **6. Pessoal Não Docente**

### **6.1. Número e regime de tempo do pessoal não-docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.**

- Ana Maria da Costa Ferreira Brás. Assistente Técnico (100 %).
- Hermínio José Fernandes Gil da Silva. Técnico Superior (100 %).
- João Alberto da Silva Coutinho. Assistente Técnico (100 %).
- Luís António Ferreira Matias. Técnico Superior (100 %).
- Luís Filipe Serra da Silva. Assistente Técnico (100 %).
- Luís Miguel Silva João Couto Gonçalves. Assistente Técnico (100 %).
- Maria da Conceição Carvalhinho Antunes de Paiva. Assistente Técnico (100 %).
- Maria Dulce Oliveira Reis. Assistente Técnico (100 %).
- Rui Eugénio da Silva Barata. Assistente Técnico (100 %).

### **6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.**

- Ana Maria da Costa Ferreira Brás. Technical Assistant (100%).
- Hermínio José Fernandes Gil da Silva. Higher Technician (100%).
- João Alberto da Silva Coutinho. Technical Assistant (100%).
- Luís António Ferreira Matias. Higher Technician (100%).
- Luís Filipe Serra da Silva. Technical Assistant (100%).
- Luís Miguel Silva João Couto Gonçalves. Technical Assistant (100%).
- Maria da Conceição Carvalhinho Antunes de Paiva. Technical Assistant (100%).
- Maria Dulce Oliveira Reis. Technical Assistant (100%).
- Rui Eugénio da Silva Barata. Technical Assistant (100%).

### **6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.**

- Ana Maria da Costa Ferreira Brás. Curso Técnico Profissional de Quimicotecnia.
- Hermínio José Fernandes Gil da Silva. Licenciatura, Eng. Eletrotécnica.
- Isabel Correia Lopes Aibéo. Curso Complementar dos Liceus, Curso de Preparadores de Análises para Laboratórios de Saúde Pública.
- João Alberto da Silva Coutinho. Curso de Formação Industrial Electromecânico, Curso Complementar de Electrotécnica.
- João José Popo Lobo Antunes Pereira. Licenciatura em Eng. Alimentar.
- Luís António Ferreira Matias. Licenciatura em Química Industrial.
- Luís Filipe Serra da Silva. 2.º Ano do Curso Complementar de Eletrotécnica (incompleto).
- Luís Miguel Silva João Couto Gonçalves. 12.º Ano, Curso Técnico Profissional de Química.
- Maria da Conceição Carvalhinho Antunes de Paiva. 12.º Ano.
- Maria Dulce Oliveira Reis. 2.º Ano Complementar Noturno.
- Rui Eugénio da Silva Barata. Licenciatura em Eng. Electromecânica.

**6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.**

- Ana Maria da Costa Ferreira Brás. *Technical Professional Course in Chimioelectronic.*
- Hermínio José Fernandes Gil da Silva. *Bachelor in Electrotechnical Eng.*
- Isabel Correia Lopes Aibéo. *Complementary Course, Course in Preparing Analysis for Public Health Laboratories.*
- João Alberto da Silva Coutinho. *Course of Industrial Formation, Complementary Course in Electrotechnics.*
- João José Popo Lobo Antunes Pereira. *Bachelor in Food Eng.*
- Luís António Ferreira Matias. *Bachelor in Industrial Chemistry.*
- Luís Filipe Serra da Silva. *2nd Year of Complementary Course in Electrotechnics (incomplete).*
- Luís Miguel Silva João Couto Gonçalves. *Secondary Education, Technical Professional Course in Chemistry.*
- Maria da Conceição Carvalhinho Antunes de Paiva. *Secondary Education.*
- Maria Dulce Oliveira Reis. *2nd Year of Nocturnal Complementary Course.*
- Rui Eugénio da Silva Barata. *Bachelor in Electromechanical Eng.*

**6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.**

*O pessoal não docente é avaliado segundo o Sistema Integrado de Avaliação do Desempenho da Administração Pública (SIADAP). Anualmente são determinadas por Despacho Reitoral: a fixação de objetivos em função do Plano de Atividades da UBI; a transcrição dos objetivos e competências para aplicação informática própria; a ponderação dos parâmetros da classificação final; a composição do Conselho de Coordenação da Avaliação (CCA); a constituição da equipa de trabalho para acompanhamento; a calendarização; a realização de eleições para os vogais representantes dos funcionários na Comissão Paritária; e a nomeação dos representantes da Administração na Comissão Paritária. O processo de avaliação engloba: definição de objetivos e competências (entre funcionário e superior hierárquico); monitorização dos objetivos e competências (equipa de trabalho); autoavaliação (funcionário); avaliação (superior hierárquico); a harmonização das avaliações (CCA); homologação das classificações (Reitor).*

**6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development**

*Non-academic staff is evaluated in accordance with the Integrated System for Performance Assessment in Public Administration (SIADAP). Each year, a Rector's Order determines: goal setting as a function of the Plan of Activities of the UBI; the insertion of the objectives and competencies in a specific software; the weighting parameters of the final evaluation; the composition of the Coordination Council for the Evaluation (CCA); the constitution of the monitoring team; the timing; the elections for non-academic staff representatives to the Joint Committee, and the appointment of Administration representatives to the Joint Committee. The evaluation process includes: definition of objectives and competencies (between staff member and supervisor); monitoring of goals and skills (monitoring team); self-evaluation (staff member); evaluation (supervisor), harmonization of the evaluations (CCA); approval of classifications (Rector).*

**7. Instalações e equipamentos****7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):**

*Salas de aula e anfiteatros  
Laboratórios de aulas e de investigação  
Salas de computadores  
Biblioteca  
Bares e cantinas  
Residências universitárias  
Pavilhão gimnodesportivo  
Centro de Ótica  
Centro de Informática  
Gabinetes de docentes  
Associação de Estudantes  
Centro Médico*

**7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):**

*Class and lecture rooms  
Class and research laboratories  
Computers rooms  
Library  
Bars and canteens  
University residences  
Sports center  
Optical Center  
Computer Center  
Teacher rooms  
Students Union  
Medical Center*

## 7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

Agitador vortex  
 Analisador Elementar  
 Analisador TOC  
 Aparelho de Ponto de Fusão  
 Aparelho pH  
 Autoclave  
 Biorreator  
 Bomba c/ controlador e colector de frações  
 Bomba de cromatografia  
 Centrífuga c/s refrigeração  
 Conjunto p/ emissão/deteção de radiação  
 Cromatógrafo de gases c/ espectrómetro de massa  
 Detetor HPG e cintilação NaI(Tl)  
 Difrátometro Raios X  
 Digestor CQO  
 Espectrofotómetro RMN  
 Espectrofotómetro Absorção Atómica  
 Espectrofotómetro F-TIR e FT-RAMAN  
 Espectrofotómetro micro  
 Estufa de secagem de vidro, Incubação, incubadora  
 Estufa refrigerada p/ CBO  
 Evaporador rotativo  
 Gerador Funções  
 Gerador de ar húmido, azoto e ozono  
 Interferómetro Michelson  
 Kit Gastronomia Molecular  
 Lâmpada UV  
 Laser He-Ne e Nd:YAG pulsado  
 Medidor de oxigénio  
 Microscópio Eletrónico de Varrimento e de Fluorescência  
 Microscópio Ótico  
 Polarímetro  
 Polarógrafo  
 Porosímetro Bendsten  
 Potenciómetro de pH, de condutividade e iões específicos  
 Quadro Interativo  
 Sistema de Cromatografia  
 Telescópio  
 Titulador Automático  
 Ultracentrífuga

## 7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

Vortex  
 Elemental Analyzer  
 TOC  
 Melting Point apparatus  
 pH apparatus  
 Autoclave  
 Bioreactor  
 Pump with controller and fraction collector  
 Chromatography pump  
 Centrifugal without cooling or cooled  
 Packages for emission and detection of radiation  
 GC and GC-MS  
 HPG detector and scintillation detector NaI(Tl)  
 X Ray Diffractometer  
 Digestor OCC  
 NMR Spectrofotometer  
 Atomic Absorption Spectrophotometer  
 Spectrophotometer F-TIR and FT-RAMAN  
 Spectrophotometer Spectronic UV-Visible and Micro-spectrophotometer  
 Drying oven glass, incubation oven, incubator  
 Gases cooled BOD  
 Rotavapor  
 Function Generator  
 Generators moist air, a nitrogen and a ozone  
 Michelson Interferometer  
 Molecular Gastronomy Kit  
 UV Lamp  
 He-Ne laser and Nd:YAG pulsed laser  
 Oxygen Meter

Scanning Electron Microscope and Fluorescence Microscope  
 Optical Microscope  
 Polarimeter  
 Polarograph  
 Bendsten porosimeter  
 pH, conductivity and ion specific potentiometer  
 Interactive white Board  
 Chromatography system  
 Telescope  
 Automatic Titrator  
 Ultracentrifuge

## 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
Centro de Matemática e Aplicações da Universidade da Beira Interior (CMA_UBI)	Muito Bom	Universidade da Beira Interior	11	
Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP)	Excelente	Universidade de Coimbra, Universidade de Lisboa, Universidade do Minho	3	
Instituto Dom Luiz (IDL)	Excelente	Universidade de Lisboa	1	
Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear (IPFN)	Excelente	Universidade de Lisboa	1	
Centro de Física Teórica de Partículas	Muito Bom	Universidade de Lisboa	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/295b0402-3f80-c104-b557-5d9a34149dd8>

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/295b0402-3f80-c104-b557-5d9a34149dd8>

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.

*PTDC/FIS-PAR/29436/2017, "Higgs, Flavour and Symmetries", Paulo André de Paiva Parada*

*CERN/FIS-PAR/0004/2017, "Particle Physics in the LHC Era", Paulo André de Paiva Parada*

*CERN/FIS-COM/0014/2017, "Sistema de aquisição de dados e desenvolvimento de algoritmos de computação paralela para CLOUD", António Rodrigues Tomé*

*Erasmus+ 2018-1-BE01-KA203-038563, "Train future trainers in radiation protection and nuclear technology", Sandra da Costa Henriques soares (2018-2020)*

*Erasmus + 591861-EPP-1-2017-1-IT-EPPKA2-SSA, "Project R.E.NewAL Skills", Sandra da Costa Henriques Soares*

*COST Action CA15117 (CANTATA), "Cosmology and Astrophysics Network for Theoretical Advances and Training Actions", João Pedro de Jesus Marto*

*AHEAD 2020 Ref: 654215 H2020, "Integrated Activities for the High Energy Astrophysics Domain", Jorge Manuel Maia Pereira*

*EUROfusion, "Euratom research and training programme 2019-2020" grant agreement No 633053, Santiago David Armando Reyes Cortes*

#### 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.

*PTDC/FIS-PAR/29436/2017, "Higgs, Flavour and Symmetries", Paulo André de Paiva Parada*

*CERN/FIS-PAR/0004/2017, "Particle Physics in the LHC Era", Paulo André de Paiva Parada*

*CERN/FIS-COM/0014/2017, "Sistema de aquisição de dados e desenvolvimento de algoritmos de computação paralela para CLOUD", António Rodrigues Tomé*

*Erasmus+ 2018-1-BE01-KA203-038563, "Train future trainers in radiation protection and nuclear technology", Sandra da Costa Henriques soares (2018-2020)*

*Erasmus + 591861-EPP-1-2017-1-IT-EPPKA2-SSA, "Project R.E.NewAL Skills", Sandra da Costa Henriques Soares*

*COST Action CA15117 (CANTATA), "Cosmology and Astrophysics Network for Theoretical Advances and Training Actions", João Pedro de Jesus Marto*

*AHEAD 2020 Ref: 654215 H2020, "Integrated Activities for the High Energy Astrophysics Domain", Jorge Manuel Maia Pereira*

*EUROfusion, "Euratom research and training programme 2019-2020" grant agreement No 633053, Santiago David Armando Reyes Cortes*

## 9. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

### 9.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por ciclo de estudos similares com base em dados oficiais:

*De acordo com dados disponibilizados no portal Infocursos (<http://infocursos.mec.pt>), os níveis de desemprego registado de licenciados em cursos de 1º ciclo em Física nos anos 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019 foram, respetivamente, 1,4; 2,8; 2,5; 1,3; 1,6. Não se nota nesta série temporal uma tendência nítida, mas constata-se claramente que os licenciados em física não sentem problemas de empregabilidade.*

### 9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:

*According to data available on the government portal Infocursos (<http://infocursos.mec.pt>), the registered unemployment levels of physics graduates in 2015, 2016, 2017, 2018 and 2019 were, respectively, 1.4; 2.8; 2.5; 1.3; 1.6. This time series does not show a clear trend, but the values support the claim that physics graduates do not experience employability problems.*

### 9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

*O ensino superior público no nosso país inclui apenas cinco cursos de 1º ciclo em Física, oferecidos pelas universidades de Aveiro, de Coimbra, do Minho, do Porto e de Lisboa. O número de candidatos a estes cursos tem vindo a aumentar. No último ano, o número de candidatos foi mais do que o quádruplo do número de vagas a concurso, em todas as instituições referidas. Desde 2014, a totalidade das vagas oferecidas nos cursos de 1º ciclo em Física tem sido preenchida na primeira fase do concurso (excetua-se o curso da UA em 2017, que deixou 3 vagas para a 2ª fase). As universidades de Coimbra, do Minho e de Lisboa têm aumentado o número de admissões para acomodar este aumento da procura. Mesmo assim, a média das classificações dos últimos admitidos (ponderadas pelo número de admissões) tem vindo sempre a aumentar, de 13,1 em 2014 para 15,4 em 2019. A capacidade de atrair estudantes do curso agora proposto parece, assim, estar assegurada.*

### 9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

*Public higher education in our country includes only five 1st cycle courses in Physics, offered by the universities of Aveiro, Coimbra, Minho, Porto and Lisbon. The number of applicants for these courses has been increasing. In 2019, it was more than four times the number of maximum admissions, in the five institutions mentioned. Since 2014, all the vacancies offered in 1st cycle courses in Physics have been filled in the first phase of the admission process (except for the Univ. Aveiro course in 2017, in which 3 vacancies were left for the 2nd phase). The universities of Coimbra, Minho and Lisbon have increased the number of admissions to accommodate this increased demand. Even so, the average marks of the last admitted in each course (weighted by the number of admissions) has increased steadily, from 13.1 in 2014 to 15.4 in 2019. The ability to attract students for the course now proposed therefore seems to be assured.*

### 9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

*Poderão estabelecer-se colaborações com as Universidades de Coimbra, de Aveiro, de Salamanca e ainda com outras instituições mais distantes.*

### 9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:



*Partnerships may be established with the universities of Coimbra, Aveiro, Salamanca and other more distant institutions.*

## 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:

*1º Ciclo em Física (Universidade do Minho)  
1º Ciclo em Física (Universidade de Coimbra)  
1º Ciclo em Física (Universidade de Lisboa)  
1º Ciclo em Física (Universidade do Porto)  
License Physique (Université Grenoble, França)  
Physics BSc (King's College London, Reino Unido)  
Laurea Fisica (Sapienza Università di Roma, Itália)*

### 10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

*1º Ciclo em Física (Universidade do Minho)  
1º Ciclo em Física (Universidade de Coimbra)  
1º Ciclo em Física (Universidade de Lisboa)  
1º Ciclo em Física (Universidade do Porto)  
License Physique (Université Grenoble, France)  
Physics BSc (King's College London, United Kingdom)  
Laurea Fisica (Sapienza Università di Roma, Italy)*

### 10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

*Os ciclos de estudos analisados partilham com a presente proposta o objetivo de formar licenciados com uma base sólida de conhecimentos em Física, permitindo também a escolha de percursos / ramos / minors com formação reforçada noutras áreas científicas. Apresentam objetivos de aprendizagem e estruturas curriculares no essencial semelhantes à do curso agora proposto, com maior ou menor variedade de UC opcionais ou de percursos alternativos oferecidos. No espaço europeu, é maior a variabilidade encontrada nos cursos de formação inicial em Física, quanto à duração (dois ou três anos) e aos percursos alternativos possíveis. Mas os planos de estudo nos primeiros anos são em grande medida similares ao que propomos. Os cursos indicados no ponto 10.1 têm todos uma duração de 3 anos. Apenas o do King's College London inclui a realização de um projeto de licenciatura no último ano.*

### 10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

*The courses analyzed share with the present proposal the objective of graduating students with a solid knowledge base in Physics, also allowing the choice of courses / branches / minors with enhanced training in other scientific areas. Their stated learning objectives and curriculum frameworks are similar to those in the course now proposed, with more or less variety in optional curricular units or alternative branches offered. Within Europe, the variability found in undergraduate courses in Physics is greater in terms of duration (two or three years) and possible alternative pathways. But the study plans in the early years are largely similar to what we propose. The courses indicated in 10.1 all have a duration of 3 years. Only King's College London includes completing a degree project in the last year.*

## 11. Estágios e/ou Formação em Serviço

### 11.1. e 11.2 Estágios e/ou Formação em Serviço

---

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

#### 11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

*<sem resposta>*

#### 11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

*<sem resposta>*

### 11.2. Plano de distribuição dos estudantes

**11.2. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).**

&lt;sem resposta&gt;

**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:**

&lt;sem resposta&gt;

**11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:**

&lt;no answer&gt;

**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).**

&lt;sem resposta&gt;

**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
----------------	--	--	--	--

&lt;sem resposta&gt;

**12. Análise SWOT do ciclo de estudos****12.1. Pontos fortes:**

- 1. Coerência com a missão estratégica da Universidade da Beira Interior*
- 2. A Universidade da Beira Interior oferece infraestruturas de muito boa qualidade (incluindo salas de aula convencionais, anfiteatros, laboratórios, salas com computadores, salas de estudo e biblioteca) e recursos informáticos modernos*
- 3. Corpo docente próprio, integralmente doutorado e maioritariamente integrado em unidades de investigação acolhidas pela Universidade da Beira Interior*
- 4. Colaboração de docentes de diferentes departamentos, promovendo o desenvolvimento dos conhecimentos multidisciplinares com que o curso pretende capacitar os alunos*
- 5. Várias unidades curriculares em comum com outros ciclos de estudo em funcionamento na Universidade da Beira Interior*
- 6. Flexibilidade da estrutura curricular, com um conjunto coerente de diferentes unidades curriculares de opção, o que permite ao estudante definir o seu percurso académico*
- 7. Possibilidade de os estudantes optarem por um ramo que possibilita o seu ingresso em cursos de 2.º ciclo em Ensino de Física e Química*
- 8. Crescente procura de profissionais com uma sólida formação em física e aptos para integrar equipas de trabalho multidisciplinar*
- 9. A estrutura curricular permite aos futuros licenciados prosseguirem os seus estudos num 2.º ciclo em Física e áreas afins, ou em Ensino de Física e Química*

**12.1. Strengths:**

- 1. Consistency with the strategic mission of the University of Beira Interior*
- 2. The University of Beira Interior offers very good quality infrastructure (including conventional classrooms, amphitheatres, laboratories, computer rooms, study rooms and library) and modern computer resources*

3. *All the members of the teaching staff are PhD holders and most of them are integrated in research units hosted at UBI*
4. *Collaboration of teachers from different departments, promoting the development of multidisciplinary knowledge with which the course aims to empower students*
5. *Several curricular units in common with other study cycles in operation at the University of Beira Interior*
6. *Curricular structure flexibility, with a coherent set of different optional curricular units, allowing the student to define his / her academic path*
7. *Possibility for the students to choose a branch that enables them to enter 2nd cycle courses in Physics and Chemistry Teaching*
8. *Growing demand for professionals with a strong background in physics and able to join multidisciplinary work teams*
9. *The curriculum structure allows future graduates to pursue their studies in a 2nd cycle in Physics and related fields, or in Physics and Chemistry Teaching*

#### 12.2. Pontos fracos:

1. *A inexistência de um 2.º ciclo em Física na Universidade da Beira Interior*

#### 12.2. Weaknesses:

1. *The lack of a 2nd cycle in Physics at the University of Beira Interior*

#### 12.3. Oportunidades:

1. *Nos anos mais recentes, a Universidade da Beira Interior tem atraído alunos de diferentes nacionalidades, em particular de países de língua oficial portuguesa, fruto da capacidade científica e pedagógica do seu corpo docente, de diferentes protocolos estabelecidos, do reconhecimento da Covilhã com uma cidade segura e com baixo custo de vida, e de uma estratégia bem sucedida de divulgação*
2. *Criação das condições naturais conducentes à abertura de um 2.º ciclo de estudos em Física na Universidade da Beira Interior, onde funciona já um 3.º ciclo de estudos em Física*
3. *A Universidade da Beira Interior acolhe centros de investigação em diferentes áreas. Este ciclo de estudos poderá promover sinergias entre investigadores destes centros*
4. *Crescimento da procura de profissionais com formação sólida em Física em áreas diversas de tecnologia e de saúde*

#### 12.3. Opportunities:

1. *In the most recent years, the University of Beira Interior has attracted students from different nationalities, particularly from Portuguese-speaking countries, as a result of the scientific and pedagogical capacity of its faculty, different established protocols, the recognition of Covilhã as a safe, low-cost city and a successful outreach strategy*
2. *Creation of conditions naturally leading to the opening of a 2nd cycle of Physics studies at the University of Beira Interior, where a 3rd cycle of Physics studies already works*
3. *The University of Beira Interior hosts research centers in different areas. This study cycle will promote synergies between researchers from these centers*
4. *Growing demand for professionals with a solid background in physics in various areas of technology and health*

#### 12.4. Constrangimentos:

1. *A Universidade da Beira Interior encontra-se localizada numa região de baixa densidade populacional e fraco desenvolvimento económico*
2. *Dificuldades orçamentais podem condicionar a renovação dos recursos humanos ligados ao curso (investigadores, pessoal docente e não docente)*
3. *Debilidades na rede de transporte público que serve a região da Beira interior, não só entre as vilas e cidades que integram a região, mas também na ligação aos principais centros urbanos do país, todos no litoral, aeroportos e cidades espanholas fronteiriças*

#### 12.4. Threats:

1. *The University of Beira Interior is located in a region of low population density and poor economic development*
2. *Budgetary difficulties may constrain the renewal of course-related human resources (researchers, teaching and non-teaching staff)*
3. *Weaknesses in the public transport network serving the Beira Interior region, not only between the towns and cities that make up the region, but also in connection with the main urban centers of the country, all on the coast, airports and Spanish border cities*

#### 12.5. Conclusões:

1. *O 1.º ciclo em Física e Aplicações agora proposto tem como objetivo formar licenciados de excelência com uma base sólida de conhecimentos e competências em Física*
2. *Uma estrutura curricular flexível, com grupos de unidades curriculares de opção coerentes e criteriosamente selecionadas, confere aos estudantes a possibilidade de definirem o seu próprio percurso académico*
3. *O ramo Física e Química possibilita o ingresso em cursos de 2.º ciclo em Ensino de Física e Química*
4. *O Departamento de Física da UBI tem um corpo docente próprio e altamente qualificado para assumir a responsabilidade por um curso de 1.º Ciclo em Física e Aplicações*
5. *A estrutura curricular deste curso promove e explora sinergias entre diferentes departamentos da UBI e garante o desenvolvimento das competências inter e multidisciplinares com que se pretende dotar os estudantes*
6. *Grande parte do corpo docente afeto ao curso apresenta uma produção científica assinalável e encontra-se integrado em unidades de investigação acolhidas pela UBI, o que possibilita o contacto dos estudantes com áreas no*

*limite do conhecimento e com um ambiente ativo de investigação e trabalho científico*

*7. A crescente procura por cursos de 1.º ciclo na área da Física, assim como a possibilidade de ingresso em cursos de 2.º ciclo em Ensino de Física e Química, aliada a uma demonstrada capacidade da UBI de atração de estudantes internacionais, nomeadamente de países de língua oficial portuguesa, abrem ótimas perspetivas para a captação de alunos para o 1.º Ciclo em Física e Aplicações na UBI*

#### **12.5. Conclusions:**

*1. The 1st cycle in Physics and Applications now proposed aims to train graduates of excellence with a solid foundation of knowledge and skills in Physics*

*2. A flexible curriculum, with coherent and carefully selected groups of option units, enables students to define their own academic path*

*3. The Physics and Chemistry branch enables the entry into 2nd cycle courses in Physics and Chemistry Teaching*

*4. The UBI Physics Department has its own highly qualified faculty to take responsibility for a 1st cycle course in Physics and Applications*

*5. The curriculum structure of this course promotes and exploits synergies between different departments of UBI and ensures the development of the inter and multidisciplinary skills with which students are intended to be endowed*

*6. Much of the faculty involved in the course has a remarkable scientific production and is integrated in research units hosted by UBI, which allows students to contact with areas on the edge of knowledge and an active scientific environment of research and work*

*7. The growing demand for 1st cycle courses in Physics, as well as the possibility of entering 2nd cycle courses in Physics and Chemistry Teaching, combined with UBI's demonstrated ability to attract international students, namely from Portuguese-speaking countries, open great perspectives for the students' enrollment for the 1st Cycle in Physics and Applications at UBI*