

# NCE/18/0000104 — Apresentação do pedido corrigido - Novo ciclo de estudos

---

## 1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:  
*Universidade De Coimbra*

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

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):  
*Faculdade De Ciências E Tecnologia (UC)*

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

1.3. Designação do ciclo de estudos:  
*Mestrado em Física Médica*

1.3. Study programme:  
*Master in Medical Physics*

1.4. Grau:  
*Mestre*

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:  
*720*

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:  
*120*

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 63/2016 de 13 de setembro):  
*4 semestres*

1.8. Duration of the study programme (article 3, DL no. 74/2006, March 24th, as written in the DL no. 63/2016, of September 13th):  
*4 semesters*

1.9. Número máximo de admissões:  
*20*

1.10. Condições específicas de ingresso.  
*Primeiro ciclo em Física, Engenharia Física, Física Tecnológica, Física Aplicada ou Engenharia Biomédica, ou licenciatura pré-Bolonha numa destas áreas, ou ser detentor de um currículo escolar, científico ou profissional que a coordenação do curso reconheça como suficiente para atestar a capacidade para a realização deste ciclo de estudos.*

1.10. Specific entry requirements.  
*First cycle in Physics, Physical Engineering, Technological Physics, Applied Physics or Biomedical Engineering, or pre-Bologna degree in one of these areas, or to hold a teaching, scientific or professional curriculum that the Program Coordination recognizes as sufficient to attest the ability to complete this cycle of studies.*

**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:***Universidade de Coimbra, incluindo a Faculdade de Ciências e Tecnologia, a Faculdade de Medicina e a Faculdade de Economia.***1.12. Premises where the study programme will be lectured:***University of Coimbra, including the Faculty of Science and Technology, the Faculty of Medicine and the Faculty of Economy.***1.13. Regulamento de creditação de formação académica e de experiência profissional (PDF, máx. 500kB):**[1.13\\_Reg\\_191\\_2014\\_CreditacaoFormacaoAnterior\\_e\\_ExperienciaProfissional\\_UC.pdf](#)**1.14. Observações:**

*Para obtenção do grau de Mestre em Física Médica (MFM) é necessário completar 120 ECTS, incluindo a realização de uma dissertação original, resultado de um trabalho de investigação. A dissertação tem características de investigação, refletindo a formação especializada obtida neste Mestrado. Pode decorrer em ambiente hospitalar (ou numa unidade de saúde), industrial ou académico (em laboratórios e centros de investigação, ligados ou não a Universidades), em contexto de investigação ou de inovação de caráter aplicado. Em qualquer dos casos a dissertação será orientada para um tema de investigação científica na área da Física Médica, a melhoria da solução existente para um problema identificado ou uma aplicação prática inovadora nesta área. Dada a importância de reforçar a ligação dos estudantes deste curso à realidade hospitalar, estão a ser elaborados protocolos com o Centro Hospitalar da Universidade de Coimbra (CHUC) e o Instituto Português de Oncologia de Coimbra, Francisco Gentil - IPOCFG (IPO-Coimbra). Em qualquer dos casos existe sempre um orientador ligado à Universidade de Coimbra.*

*À lecionação do curso estão associadas outras Unidades Orgânicas da Universidade de Coimbra: Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra e o Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde (ICNAS). Esta colaboração é regida por protocolos estabelecidos com estas entidades de forma que os seus docentes, investigadores e especialistas sejam autorizados a lecionar unidades curriculares ou módulos específicos de unidades curriculares do MFM.*

*O mestrado em Física Médica não inclui estágio pois este deve ser feito após e independentemente do Mestrado em Física Médica, de acordo com as diretivas e recomendações Europeias, i.e. a Diretiva 2013/59/Euratom, que estabelece as normas de segurança de base relativas à proteção contra os perigos resultantes da exposição a radiações ionizantes ([http://www.comrsin.pt/images/DIRETIVA\\_2013\\_59\\_EURATOM.pdf](http://www.comrsin.pt/images/DIRETIVA_2013_59_EURATOM.pdf)), as diretrizes sobre a formação de Físicos Médicos que constam do documento "Radiation Protection 174: European Guidelines on Medical Physics Expert, European Commission" e as recomendações da "European Federation of Organisations for Medical Physics", EFOMP (a maior organização de Físicos Médicos na Europa).*

**1.14. Observations:**

*To obtain the Master's degree in Medical Physics (MFM) it is necessary to complete 120 ECTS (108 in compulsory courses and 12 in optional courses), including a original dissertation, which results from a research work. The dissertation has research characteristics, reflecting the specialized training obtained in this Master Program. It may take place in a hospital or health care unit, industrial or academic setting (in laboratories and research centres, linked or not to universities), in the context of applied research or innovation. In any case, the dissertation will be oriented to a scientific research topic in the field of Medical Physics, the improvement of the existing solution to an identified problem or an innovative practical application in this area. Given the importance of reinforcing the connection of the students of this course to the hospital reality, protocols are being developed with the Hospital Centre of the University of Coimbra (CHUC) and the Portuguese Institute of Oncology of Coimbra, Francisco Gentil - IPOCFG (IPO-Coimbra). In any case there is always a supervisor connected to the University of Coimbra.*

*Other Organic Units of the University of Coimbra, Faculty of Medicine of the University of Coimbra, Faculty of Economics of the University of Coimbra and Institute of Nuclear Sciences Applied to Health (ICNAS), will be involved in lecturing some courses. This participation is governed by protocols that will be established with these entities so that their teachers, researchers and specialists are authorized to teach specific courses or modules of courses.*

*The MSc in Medical Physics does not include an internship as it should be done after and independently of the MSc in Medical Physics, according to the European directives and recommendations, i.e. the Directive 2013/59/Euratom, which establishes the basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02013L0059-20140117>), the guidelines on the training of medical physicists that are contained in the document "Radiation Protection 174: European Guidelines on Medical Physics Expert, European Commission" and the recommendations of EFOMP (European Federation of Organisations for Medical Physics; the largest European organization of Medical Physics).*

**2. Formalização do Pedido****Mapa I - Senado da Universidade de Coimbra, Conselho Científico da FCTUC e Conselho Pedagógico da FCTUC****2.1.1. Órgão ouvido:**

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

[2.1.2.\\_Aprovacao Senado CC e CP\\_87k.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:

*Pretende-se responder às necessidades de formação académica requeridas aos estudantes que pretendam ingressar na área da Física Médica, como profissionais qualificados. Este programa de 2º ciclo pretende dotar os alunos de uma visão abrangente e integrada dos tópicos científicos, tecnológicos, técnicos, socioeconómicos, éticos, legais, jurídicos, de regulamentação e legislação associados à Física Médica mas também à Proteção e Segurança Radiológicas, respondendo nesta área ao requisito legal (D.L.227/2008) e às recomendações europeias (EFOMP).*

*Por força do pacote legislativo em preparação, e que constituirá a transposição para a legislação portuguesa da Diretiva 2013/59 /Euratom, o reconhecimento do especialista em Física Médica deve decorrer de um quadro de qualificação do qual faz parte o mestrado em Física Médica com as características e plano curricular do Mestrado aqui proposto. Pretende-se com esta proposta oferecer a formação académica prevista nesse quadro de qualificação.*

3.1. The study programme's generic objectives:

*The present proposal aims at answering to the educational requirements for the students that intend to enter the Medical Physics area as qualified professionals.*

*This Master program intends to provide the students with a comprehensive and integrated view of the scientific, technological, technical, socio-economic, ethical, legal, regulatory and legislative issues associated to Medical Physics but also to Radiological Protection and Safety, responding in this area to the legal requirement (DL227/2008) and to the European recommendations (EFOMP).*

*A set of legal diplomas is under preparation that will transpose the European Directive 2013/59/Euratom. As required by this Directive, the recognition of the Medical Physics expert shall follow a structured education and training framework that includes a Master Degree in Medical Physics with the characteristics and study plan of the one that is proposed here. This proposal aims to offer the 2nd cycle of studies required by that Directive.*

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

*Os objetivos formativos deste mestrado seguem as recomendações europeias sobre a formação dos físicos médicos. Incluem a aquisição de um robusto conhecimento científico e técnico em tópicos associados à aplicação dos princípios, métodos e técnicas da Física à saúde, tanto em diagnóstico como em terapia, com relevância na garantia da qualidade, otimização e segurança dos procedimentos e dos equipamentos que utilizam radiações ionizantes e não ionizantes.*

*Tem também como objetivo desenvolver aptidões de caráter instrumental (recolha de informação de diversas fontes, capacidade de análise e de síntese, resolução de problemas, tomada de decisão), interpessoal (capacidade de comunicar de forma oral e escrita com peritos e não peritos, respeito pela diversidade, elevado sentido de ética profissional, capacidade de trabalho em grupo, espírito crítico) e sistémico (adaptação a situações novas, autonomia e responsabilidade, espírito de iniciativa, reconhecimento das limitações e capacidades).*

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

*The education objectives of this MSc follow the European recommendations on the training of medical physicists. They include to achieve a robust technical and scientific body of knowledge on topics associated to the Physics principles, methods and techniques applied to health, both in diagnosis and therapy, namely in what concerns to quality assurance, optimization and safety of procedures and equipment involving ionizing and non-ionizing radiation.*

*This MSc also aims at developing different instrumental skills as retrieve information from different sources, analyse and synthesize, problems solving, decision making, interpersonal skills as communicate orally and in writing with both experts and non-experts in the field, respect diversity, work productively in multi-disciplinary teams, criticize constructively and accept constructive criticism, and systemic skills as adapt to new situations, display autonomy, responsibility and initiative, recognize one's limitations and abilities.*

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 estratégia da UC passa por:*

- *responder às necessidades de Portugal a nível de formação avançada;*
- *afirmar-se como uma universidade de excelência com capacidade de atrair estudantes internacionais, nomeadamente dos países de Língua Portuguesa;*
- *desenvolver investigação de ponta que dê resposta aos atuais desafios sociais;*
- *promover a interação da Universidade com o meio em que se insere, nomeadamente através de parcerias.*

*Este Mestrado em Física Médica (MFM) está perfeitamente alinhado com esta estratégia e vai contribuir para a concretizar nesta área do conhecimento. A esse respeito, salientam-se os seguintes aspetos:*

- *A formação de físicos médicos em Portugal é uma necessidade premente reconhecida pelo Governo e constitui um dos aspetos associados à transposição da Diretiva 2013/59/Euratom do Conselho da União Europeia sobre a proteção contra os perigos da exposição a radiação ionizante. Nas Grandes Opções do Plano 2018, o Governo menciona explicitamente a necessidade de "ações concretas de estímulo ao desenvolvimento da Física Médica" (Lei nº113/2017). De acordo com as diretrizes sobre a formação de físicos médicos que constam do documento "Radiation Protection 174: European Guidelines on Medical Physics Expert, European Commission", a primeira etapa específica da formação de físicos médicos é a formação académica através de um mestrado em Física Médica com as características do que é aqui proposto. Não existe na Universidade de Coimbra nenhum ciclo de estudos de formação de físicos médicos nem equivalente e existe apenas um no país, na*

*Universidade do Porto, que admite 12 candidatos por ano.*

- *Existe também um deficit de físicos médicos em muitos países, nomeadamente nos países de Língua Portuguesa, com relevo para Angola, Moçambique e Brasil, que têm Unidades Médicas que utilizam radiação ionizante mas carecem de pessoal qualificado. Existe pois aqui uma janela de oportunidades de atrair alunos internacionais nesta área.*
- *Este Mestrado será lecionado em parceria com o Instituto Português de Oncologia de Coimbra Francisco Gentil (IPOFG), o Centro Hospitalar da Universidade de Coimbra (CHUC) e o Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde (ICNAS). Assenta pois numa colaboração estreita com as principais instituições de prestação de cuidados de saúde da cidade de Coimbra, que são também elas parceiras de investigação de ponta na área da Física Médica, aproveitando-se assim as sinergias da cidade. Otimizar a utilização segura das radiações ionizantes para fins médicos e aproveitar as tecnologias associadas de crescente complexidade constitui um desafio à escala global. A UC, ao incluir na sua oferta formativa este Mestrado, está a responder a esse desafio. Para além de formar profissionais capazes de no terreno vir a dar resposta a este desafio, a existência deste mestrado de especialização vai igualmente potenciar a investigação nesta área na UC e nas instituições parceiras deste Mestrado.*

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 strategy of the UC includes:*

- *to respond to the needs of Portugal at the advanced training level;*
- *to affirm itself as a university of excellence with the capability to attract international students, especially from Portuguese-speaking countries;*
- *to develop cutting-edge research to address current societal challenges;*
- *to promote the University's interaction with society, in particular through partnerships.*

*This MSc in Medical Physics (MFPM) is perfectly aligned with this strategy and will undoubtedly contribute to implement it in this area of knowledge. In this respect, the following points are highlighted:*

- *The deficit of medical physicists training in Portugal is a pressing issue recognized by the Government and is one of the aspects associated with the transposition of Directive 2013/59 / Euratom of the European Union Council on the protection against exposure to ionizing radiation. In the Grand Options of the 2018 Portuguese Government Plan, the Government explicitly mentions the need for "concrete actions to stimulate the development of Medical Physics" (Law nº133 / 2017). According to the guidelines on the training of medical physicists given in the document "Radiation Protection 174: European Guidelines on Medical Physics Expert, European Commission", the first step of the medical physicist education and training is the completion of a master program on Medical Physics with the characteristics of the one that is proposed here. In this regard, it is worth to remark that there is only one Master Program in Medical Physics in Portugal, at the University of Porto, which admits 12 candidates per year.*
- *The shortage of medical physicists is also a reality in other countries, especially in the Portuguese-speaking countries, with emphasis on Angola, Mozambique and Brazil, which have Medical Units that use ionizing radiation but they lack qualified personnel. Therefore, there is a window of opportunity to attract international students in this area.*
- *This master program will be taught in partnership with the Portuguese Institute of Oncology of Coimbra Francisco Gentil (IPO-Coimbra-FG), the Hospital Centre of the University of Coimbra (CHUC) and the Institute of Nuclear Sciences Applied to Health (ICNAS). It is therefore based on a close collaboration with the main health care institutions of Coimbra, that are also involved in research in the area of Medical Physics, taking advantage of the synergies of the city in which the UC is embedded. The optimization of the safe use of ionizing radiation for medical purposes, and the full profit of the associated technologies of increasing complexity, is a global challenge. By including in its training offer this MSc, the UC is responding to this challenge. In addition to the training of professionals capable of responding to this challenge, the existence of this MSc will also boost research in this area both in the UC and in the partner institutions.*

## 4. Desenvolvimento curricular

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

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

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

Não tem ramos, nem perfis ou outra forma de organização.

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

There are no Branches, profiles or other form of organization.

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

Mapa II - n.a.

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

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

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

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Física Médica	FM	93	0	0
Ciências Biomédicas	CB	9	0	
Engenharia	ENG	6	0	até 6 ECTS
Economia e Gestão	EG	0	0	até 6 ECTS
Informática	INF	0	0	até 12 ECTS
Matemática	MAT	0	0	até 12 ECTS
<b>(6 Items)</b>		<b>108</b>	<b>0</b>	

### 4.3 Plano de estudos

#### Mapa III - Não se aplica - Ano 1, Semestre 1 / Year 1, Semester 1

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

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Not applicable*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*Ano 1, Semestre 1 / Year 1, Semester 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)
Fundamentos de Biologia Molecular e Celular do Cancro e Radiobiologia	CB	Semestral	81	T-40	3	
Anatomia e Fisiologia	CB	Semestral	162	T-45; PL-15; TP-15	6	
Interação da Radiação com a Matéria	FM	Semestral	162	T-30; PL-30	6	
Imagiologia Médica: RMN e ultrassonografia	FM	Semestral	81	T-15; TP-8; S-7	3	
Métodos Estatísticos e Simulação	FM	Semestral	162	T-15; PL-45; OT-15	6	
Análise e Processamento de Imagem	FM	Semestral	162	T-30; PL-28; OT-2	6	
<b>(6 Items)</b>						

#### Mapa III - Não se aplica - Ano 1, Semestre 2 / Year 1, Semester 2

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

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Not applicable*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*Ano 1, Semestre 2 / Year 1, Semester 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 da Medicina Nuclear	FM	Semestral	162	T-36; PL-24	6	
Física da Radiologia	FM	Semestral	162	T-36; PL-18; OT-6	6	
Fundamentos de Física Médica em Radioterapia	FM	Semestral	162	T-27; PL-18; OT-9; S-6	6	
Segurança e Proteção Radiológica em Ambiente Hospitalar	FM	Semestral	162	T-38; TP-10; OT-7; PL-5	6	
Instrumentação optoelectrónica	ENG	Semestral	162	TP:30; PL:30	6	opção
Gestão de qualidade	ENG	Semestral	162	T:30; TP:30	6	opção
Teoria do Risco	MAT	Semestral	162	TP:56	6	opção
Reconhecimento de Padrões	INF	Semestral	162	T:30; PL:30; O:2	6	opção
<b>(8 Items)</b>						

**Mapa III - Não se aplica - Ano 2, Semestre 1 / Year 2, Semester 1**

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

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
*Not applicable.*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*Ano 2, Semestre 1 / Year 2, Semester 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)
Metrologia	ENG	Semestral	162	T-30; PL-30	6	
Dissertação em Física Médica	FM	Anual	486	Dependente da dissertação e do aluno	18	
Fundamentos de Investigação Operacional	EG	Semestral	162	TP-60	6	opção
Aprendizagem Computacional	INF	Semestral	162	T-30; PL-30; O-2	6	opção
Sistemas de Informação em Saúde	INF	Semestral	162	T-20; TP-5	6	opção
Informática Clínica e Sistemas de Telesaúde	INF	Semestral	162	T:30;PL:30;O:2	6	opção
Gestão de Sistemas de Informação	INF	Semestral	162	T-30; TP-30; O-2	6	opção
Bases de Dados e Análise de Informação	INF	Semestral	162	T:30;PL:40;OT:5	6	opção
Análise de Decisão	EG	Semestral	162	T-45; OT-7.5	6	opção
Planeamento e avaliação da qualidade	EG	Semestral	162	TP-45; OT-10	6	opção
Modelação e Análise de Sistemas	INF	Semestral	162	T-30; PL-30; O-2	6	opção
Processos e Cálculo Estocástico	MAT	Semestral	162	TP-56	6	opção
Optimização Numérica	MAT	Semestral	162	TP-56	6	opção

(13 Items)

**Mapa III - Não se aplica - Ano 2, Semestre 2 / Year 2, Semester 2**

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

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
*Not applicable.*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*Ano 2, Semestre 2 / Year 2, Semester 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)
Dissertação em Física Médica	FM	Anual	810	DEpendente da dissertação e do aluno	30	

(1 Item)

**4.4. Unidades Curriculares****Mapa IV - Análise e Processamento de Imagem**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Análise e Processamento de Imagem*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

## **Image Processing and Analysis**

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

*FM*

### **4.4.1.3. Duração:**

*1 semestre (15 semanas)/ 1 semestre (15 weeks)*

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

*162*

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

*T - 30h; PL - 28h; OT - 2h*

### **4.4.1.6. ECTS:**

*6*

### **4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

### **4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Nuno David Sousa Chichorro Fonseca Ferreira (30h)*

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

*Rui Manuel Dias Cortesão dos Santos Bernardes (30h)*

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

*O curso tem como objectivos principais transmitir conhecimentos que permitam aos alunos:*

- 1) compreender os fundamentos teóricos do processamento de imagens digitais, incluindo o seu contexto na aquisição e análise de imagens biomédicas e algumas das suas técnicas principais, e*
- 2) desenvolver capacidades que lhes permitam aplicar na prática estes conhecimentos, dominando ferramentas adequadas de processamento de imagens, incluindo uma linguagem de programação especializada.*

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

*This course is planned so as to enable the students to:*

- 1) understand the theoretical foundations of digital image processing, including their context in the acquisition and analysis of biomedical images, and learn some of the main techniques*
- 2) develop skills allowing them to put in practice what they've learned, mastering the appropriate image processing tools and, in particular, a specialised programming language*

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

*Introdução.*

*Fundamentos da imagem digital: Formação, aquisição e digitalização de imagem. Representação binária, armazenamento e visualização de imagens digitais. Caracterização de imagens.*

*Processamento no domínio espacial: Histogramas, equalização, melhoria de imagem. Filtragem espacial.*

*Processamento no domínio espectral: Transformadas de Fourier. Filtros. FFT. Teorema da convolução e da correlação.*

*Restauração de imagem: Modelo do processo de degradação/restauração da imagem. Modelos de ruído. Desconvolução.*

*Processamento da cor: Modelos de cor.*

*Processamento da forma e segmentação: Dilatação, erosão. Detecção/extracção de características. Transformada de Hough.*

*Crescimento de regiões.*

*Reconstrução de imagem: Organização dos dados. Transformada de Radon. Métodos analíticos e métodos iterativos.*

*Reconstrução.*

*Outras técnicas: Alinhamento e Fusão. PCA. "Machine Learning".*

*Programa prático: Utilização de linguagens de programação para processamento e visualização de imagens.*

### **4.4.5. Syllabus:**

*Introduction.*

*Fundamentals of digital image: image formation, acquisition and digitalisation. Binary representation, storage and visualisation of digital images.*

*Image characterisation.*

*Spatial domain processing: histograms, equalisation, image improvement. Spatial filtering.*

*Spectral domain processing: Fourier transforms. Filters. FFT. Convolution and correlation theorem.*

*Image recovery: degradation/recovery process model. Noise models. Deconvolution.*

*Colour processing: colour models.*

*Shape processing and segmentation: dilation, erosion.*

*Detection/extraction of characteristics. Hough transform. Domain growth.*

*Image reconstruction: data organization and fusion. Radon transform. Analytical and iterative methods. Reconstruction.*

*Other techniques: alignment and fusion. PCA. "Machine Learning".*

*Practical classes syllabus: use of programming languages for image processing and visualisation.*

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

*Os objetivos relativos à aquisição de conhecimento são diretamente alcançáveis através da exposição oral dos conteúdos programáticos definidos.*

*Os objetivos relativos às aplicações práticas são alcançados com os problemas de programação e a exploração das várias técnicas de processamento de imagem.*

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

*Objectives pertaining to knowledge acquisition are reached through the oral presentation of the content of the syllabus.*

*Objectives related to practical applications are attained with the programming problems and the exploring of several image processing techniques.*

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

*- Exposição oral com recurso a meios audiovisuais*

*- Exemplos explorando fontes adicionais, incluindo Internet e investigação de ponta na área*

*- Discussão em grupo de problemas práticos*

*- Resolução de problemas de programação*

*- Realização de testes práticos frequentes*

*- Realização de trabalhos individuais (um projecto de programação com relatório ou um trabalho escrito sobre um tema)*

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

*- Oral presentation using audiovisual means*

*- Examples that explore additional sources such as the internet and latest research results*

*- Group discussion of practical problems*

*- Solving programming problems*

*- Frequent practical tests.*

*- Writing of an essay (either a programming project's report or an essay on a given theme).*

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

*Dado que os métodos de ensino se centrarão na discussão e solução de problemas práticos, ambos os objetivos principais da unidade curricular serão automaticamente cumpridos.*

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

*Given that teaching methods will mainly be centred on the discussion and solution of practical problems, the main objectives of this course will be automatically fulfilled.*

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

*Livro de referência / main book:*

*R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2nd ed., 2001*

*Outros livros / Other books:*

*Rangaraj M R, Biomedical Image Analysis, CRC Press, 2005*

*R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, Digital Image Processing using Matlab, Prentice Hall, 2004*

*Anil J. Kain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall, 1989*

**Mapa IV - Anatomia e Fisiologia**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Anatomia e Fisiologia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Anatomy and Physiology*

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

*CB*

**4.4.1.3. Duração:**

*1 semestre (15 semanas)/ 1 semestre (15 weeks)*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:45; TP:15; PL:15*



## 4.4.1.6. ECTS:

6

## 4.4.1.7. Observações:

&lt;sem resposta&gt;

## 4.4.1.7. Observations:

&lt;no answer&gt;

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

*Raquel Maria Fino Seiça (30h)*

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

*António Carlos Eva Miguéis (10h)**António José Silva Bernardes (27.5h)**Liliana Rita Velindro Letra (7.5h)*

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

*Espera-se que o estudante no final: 1) saiba interpretar a terminologia médica; 2) tenha adquirido conhecimentos sobre a anatomia dos diversos órgãos e sistemas; 3) tenha adquirido conhecimentos sobre o funcionamento dos diversos órgãos e sistemas e a sua integração num todo, o organismo humano; 4) saiba aplicar os conhecimentos adquiridos.*

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

*At the end of this curricular unit, the students are expected to: 1) interpret common medical terminology; 2) acquire knowledge on the anatomy of the various organs and systems; 3) acquire knowledge on the function of the various organs and systems and their integration as a whole; 4) apply the knowledge acquired.*

## 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Organização do Corpo Humano e Terminologia Anatómica*
2. *Sistema Músculoesquelético*
3. *Anátomo-Fisiologia do Sistema Nervoso e dos Órgãos dos Sentidos*
4. *Tórax: Paredes e Órgãos*
5. *Abdómen: Paredes, Divisões, Regiões e Órgãos*
6. *Aparelho Respiratório e Sistema Cardiovascular: Órgãos e Localização*
7. *Aparelho Gastrointestinal e Sistema Endócrino: Órgãos e Localização*
8. *Aparelho Urinário e Sistema Reprodutor: Órgãos e Localização*
9. *Sistema Respiratório: Fisiologia; Patologia*
10. *Sistema Cardiovascular: Fisiologia; Patologia*
11. *Células Sanguíneas e Hemostase: Fisiologia; Patologia*
12. *Sistema Gastrointestinal: Fisiologia; Patologia*
13. *Sistema Urinário: Fisiologia; Patologia*
14. *Sistema Endócrino: Fisiologia; Patologia*
15. *Sistema Reprodutor: Fisiologia; Patologia*

## 4.4.5. Syllabus:

1. *Body Organization and Anatomical Nomenclature*
2. *Musculoskeletal System*
3. *Anatomy and Physiology of Nervous System and Sensory Organs.*
4. *Thorax: Bones and Organs*
5. *Abdomen Anatomy: Divisions and regions; Organs*
6. *Respiratory and Cardiovascular Systems: Organs and Location*
7. *Gastrointestinal and Endocrine Systems: Organs and Location*
8. *Urinary and Reproductive Systems: Organs and Location*
9. *Respiratory System: Physiology; Pathology*
10. *Cardiovascular System: Physiology; Pathology*
11. *Blood Cells and Hemostasis: Physiology; Pathology*
12. *Gastrointestinal System: Physiology; Pathology*
13. *Urinary System: Physiology; Pathology.*
14. *Endocrine System: Physiology; Pathology*
15. *Reproductive System: Physiology; Pathology*

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

*O programa da unidade curricular contempla as matérias fundamentais para a aquisição dos conhecimentos básicos da anatomia e da fisiologia dos diferentes órgãos e sistemas do corpo humano e a sua integração funcional, o que garante o cumprimento dos objectivos da unidade curricular.*

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

*The syllabus contemplate all the important matters to the acquisition of basic knowledges of the anatomy and physiology of the different human organs and systems and their functional integration, ensuring the fulfilment of the curricular unit objectives.*

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

*As aulas teóricas servem para direccionar o aluno para os aspectos fundamentais da anatomia e da fisiologia humana.*

*As aulas teórico práticas centram-se na discussão de conceitos e problemas.*

*As aulas práticas focam-se na observação de modelos anatómicos permitindo ao aluno identificar os diferentes órgãos humanos.*

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

*The teaching methodologies are coherent with the curricular unit's learning outcomes. They allow the students to acquire essential concepts (and associated medical terminology) of human anatomy and physiology.*

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

*As metodologias de ensino são adequadas aos objectivos de aprendizagem da unidade curricular. Permitem ao aluno adquirir os conceitos básicos (e a terminologia médica associada) de anatomia e fisiologia humana.*

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

*The teaching methodologies are coherent with the curricular unit's learning outcomes. They allow the students to acquire essential concepts (and associated medical terminology) of human anatomy and physiology.*

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

- *Dauber W - Pocket Atlas of Human Anatomy, 5th ed. Stuttgart: Thieme Verlag, 2007*

- *Gray's Anatomy for Students, 3rd ed. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone, 2014*

- *Human Physiology. The Basis of Medicine. Oxford Core Texts - Gillian Pocock, Christopher D. Richards and David A. Richards, 4th edition, 2013*

- *Textbook of Medical Physiology - Arthur C. Guyton and John E. Hall, 13th edition, 2016*

**Mapa IV - Dissertação em Física Médica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Dissertação em Física Médica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Dissertation in Medical Physics*

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

*FM*

**4.4.1.3. Duração:**

*Anual (1 year)*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*1206*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*Depende do tema da dissertação e do aluno/Depends on the dissertation topic and the student*

**4.4.1.6. ECTS:**

*48*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Maria Isabel Silva Ferreira Lopes*

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

*Todos os docentes que tiverem a orientador a dissertação de alunos do mestrado*

*All the teachers that will be supervising dissertations.*

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

*O estudante realizará um trabalho de investigação científica em Física Médica, a ser reportado num trabalho escrito (dissertação) que será defendido em provas públicas perante um júri.*

*Objetivos formativos:*

*Desenvolver:*

*a) capacidade de organização, planeamento e decisão*

*b) capacidade de realizar investigação científica ou de índole tecnológica*

*c) capacidade de aplicar e interligar conhecimentos*

- d) *capacidade criativa e crítica*
- c) *capacidade de articular o pensamento, de o apresentar e de argumentar uma tese.*

**Competências genéricas a atingir**

- . *Competência em organização e planificação;*
- . *Competência para resolver problemas;*
- . *Capacidade de decisão;*
- . *Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos;*
- . *Competência em investigar;*
- . *Competência em gestão da informação;*
- . *Competência em raciocínio crítico;*
- . *Competência em entender a linguagem de outros especialistas;*
- . *Criatividade;*
- . *Preocupação com a qualidade;*

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

*The student will perform a scientific research work in Medical Physics, to be reported in a written paper (dissertation) that will be defended in public before a jury.*

**Training objectives:**

**Develop:**

- a) *organizational, planning and decision-making capacity*
- b) *ability to carry out scientific or technological research*
- c) *ability to apply and link/integrate knowledge*
- d) *creative and critical abilities*
- c) *ability to articulate the thought, to present it and to argue a thesis.*

**Generic competencies to be achieved**

- . *Competence in organization and planning;*
- . *Problem solving skills;*
- . *Decision-making capacity;*
- . *Competence in applying theoretical knowledge in practice;*
- . *Competence in research;*
- . *Competence in information management;*
- . *Skills in critical thinking;*
- . *Competence in understanding the language of other specialists;*
- . *Creativity;*
- . *Concern about quality;*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Depende da dissertação que será necessariamente sobre um tópico/problema de Física Médica*

**4.4.5. Syllabus:**

*It depends on the dissertation, which is necessary on a topic/problem of Medical Physics.*

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

*Não aplicável*

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

*Not applicable*

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

*O aluno estará em contacto regular com o seu orientador.*

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

*he student will be in close contact with her/his supervisor .*

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

*Não aplicável*

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

*Not applicable*

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

*A identificar caso a caso. / To be identified on a case by case basis.*

**Mapa IV - Física da Medicina Nuclear**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física da Medicina Nuclear*

4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Physics of Nuclear Medicine*

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

4.4.1.3. Duração:  
*1 semestre (15 semanas)/ 1 semester (15 weeks)*

4.4.1.4. Horas de trabalho:  
*162*

4.4.1.5. Horas de contacto:  
*T:36; PL:24*

4.4.1.6. ECTS:  
*6*

4.4.1.7. Observações:  
*Ao iniciar esta unidade curricular, o aluno deve ter conhecimentos Física da Radiação, de Interação da Radiação com a Matéria e de detetores de Radiação.*

4.4.1.7. Observations:  
*At the beginning of this curricular unit, the student must have knowledge of Radiation Physics, of Interaction of Radiation with Matter and of Radiation Detectors.*

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):  
*Francisco José Cerqueira Alves (20h)*

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:  
*Antero José Pena Afonso de Abrunhosa (12h)*  
*Nuno David de Sousa Chichorro da Fonseca Ferreira (20h)*  
*Jorge Isidoro (8h)*

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):  
*A unidade curricular tem como objectivo dotar os alunos deste curso de mestrado de uma base sólida no que concerne aos conceitos estruturantes de física, radioquímica/radiofarmácia e instrumentação que estão na base das novas técnicas de imagiologia molecular com utilização de radioisótopos, com vista à sua aplicação em diagnóstico e terapêutica. Foca em particular a produção e aplicação clínica de radiofármacos e as técnicas imagiológicas em medicina nuclear, estabelecendo pontes entre a física nuclear e das partículas com a bioquímica e a fisiologia, sem descuidar a detecção e utilização da radiação enquanto agente de imagem. Transmite os mecanismos intelectuais de compreensão e rigor subjacentes ao método científico que de forma tão clara transparecem no campo da física, simultaneamente com noções de engenharia inerentes às soluções tecnológicas adoptadas.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
*the aim of this curricular unit is to provide students with a solid foundation in the physics, radiochemistry/radiopharmacy and instrumentation concepts underlying the new techniques of molecular imaging using radioisotopes in diagnosis and therapy applications. It focuses in particular on the production and clinical application of radiopharmaceuticals and imaging techniques in nuclear medicine, establishing bridges between nuclear and particle physics with biochemistry and physiology, without neglecting the detection and use of radiation as an imaging agent. It transmits the intellectual mechanisms of understanding and rigor underlying the scientific method that so clearly appear in the field of physics, along with the notions of engineering inherent in the adopted technological solutions.their integration as a whole.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:  
*. Introdução: o Princípio de Hevesy*  
*1.1. Do decaimento radioativo à imagem*  
*1.2. Marcadores e Traçadores radioativos*  
*2. Produção de radioisótopos*  
*2.1. Ciclotrão e Geradores*  
*2.2. Reactores nucleares*  
*3. Contagem da radiação e instrumentação não imagiológica*  
*3.1. Contadores de poço*  
*3.2. Pontas de prova e contadores de dose*  
*3.3. Controlo de Qualidade*  
*3. Radioquímica e Radiofarmácia*  
*3.1. Métodos e técnicas de marcação radioativa em radioquímica*  
*3.2. Radiofarmácia e Controlo de Qualidade*  
*3.3. Introdução aos conceitos regulamentares do Medicamento*  
*4. Instrumentação em Imagiologia Molecular*  
*4.1. Modalidades não tomográficas*  
*4.2. SPECT*

**4.3. PET****4.4. Multimodalidade****4.5. Aceitação de equipamentos****5. Introdução à aplicação clínica****5.1. Medicina Nuclear: diagnóstico****5.2. Terapêutica com radioisótopos****5.3. Teranóstica****6. Proteção Radiológica em Medicina Nuclear****6.1. Dosimetria Interna e ambiental****6.2. Controlo dosimétrico dos profissionais****6.3. Programas de Proteção Radiológica****4.4.5. Syllabus:****1. Introduction: The Hevesy Principle****1.1. From radioactive decay to image****1.2. Markers and Radioactive tracers****2. Production of radioisotopes****2.1. Cyclotron and Generators****2.2. Nuclear reactors****3. Radiation counting and non-imaging instrumentation****3.1. Wells counters****3.2. Dose counters****3.3. Quality control****3. Radiochemistry and Radiopharmacy****3.1. Methods and techniques of radioactive marking in radiochemistry****3.2. Radiopharmacy and Quality Control****3.3. Introduction to the Regulatory Concepts of Medication****4. Instrumentation in Molecular Imaging****4.1. Non-tomographic modalities****4.2. SPECT****4.3. PET****4.4. Multimodality****4.5. Acceptance of equipment****5. Introduction to clinical application****5.1. Nuclear Medicine: diagnosis****5.2. Therapy with radioisotopes****5.3. Theranostics****6. Radiological Protection in Nuclear Medicine****6.1. Internal and environmental dosimetry****6.2. Dosimetric control of professionals****6.3. Radiation Protection Programs****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O objetivo desta UC é fornecer aos estudantes as competências básicas requeridas a um físico médico na área das ciências nucleares aplicadas à saúde, ou seja, os fundamentos físicos e de instrumentação na produção de radioisótopos, das técnicas de radioquímica e radiofarmácia e dos princípios físicos em instrumentação em medicina nuclear e molecular, enquadrados no campo das aplicações clínicas. É ainda dada especial ênfase à controlo e gestão da qualidade, bem como à dosimetria, sublinhado as particularidades desta área específica, numa perspetiva de desenvolver neles as bases de uma cultura de segurança que seja propiciadora de mecanismos proativos de gestão do risco e da prevenção de acidentes.*

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

*The objective of this unit is to provide students with the basic skills required of a medical physicist in the field of nuclear science applied to health, i.e the physical and instrumentation fundamentals in the production of radioisotopes, radiochemistry and radiopharmacy techniques and physical principles in instrumentation in nuclear and molecular medicine, within the field of clinical applications. Emphasis is also placed on quality control and management, as well as on dosimetry, highlighting the particularities of this specific area, with a view to developing in them the basis of a safety culture that is conducive to proactive risk management and prevention mechanisms of accidents.*

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

- aulas teóricas de exposição da matéria (50%);
- aulas práticas em ambiente clínico e laboratorial (30%)
- apresentações pelos alunos (10%)
- acompanhamento das apresentações e trabalhos de síntese a realizar pelos alunos (10%).

**As provas de avaliação de conhecimentos são as seguintes:**

- Trabalho de síntese escrito e respetiva apresentação oral (40%)
- Exame final (60%)

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

- theoretical lectures (50%);
- practical classes in a clinical and laboratory environment (30%)
- presentations by students (10%)
- tutorial: follow-up of the presentations and synthesis work to be done by the students (10%).

**The knowledge assessment tests are as follows:**

- *Written summary work and oral presentation (40%)*
- *Final exam (60%)*

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

*A metodologia de ensino baseia-se numa distribuição equilibrada entre aulas presenciais do tipo teórico, com exposição dos conteúdos definidos no programa da unidade curricular e aulas práticas, em ambiente clínico e laboratorial, onde os estudantes poderão tomar contacto direto com os equipamentos e sistemas utilizados e geridos por um físico médico na área das ciências nucleares aplicadas na saúde. A vertente prática decorre nas instalações do Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas na Saúde da Universidade de Coimbra, que dispõem de um laboratório de produção de radiofármacos com ciclotrão e laboratórios de radioquímica e ainda de uma unidade clínica equipada com tomógrafos PET/CT.*

*Há, também, acompanhamento tutorial dos alunos na realização de uma apresentação oral por cada um dos alunos. Os temas destas apresentações serão postos à consideração dos estudantes no início do programa e cada aluno escolherá um dos temas.*

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

*The teaching methodology is based on a balanced distribution between theoretical classes, with an exposition of the contents defined in the syllabus of the curricular unit and practical classes, in a clinical and laboratory environment, where students can take direct contact with the equipment and systems used and managed by a medical physicist in the area of nuclear science applied to health. The practical aspect is the premises of the Institute of Applied Nuclear Sciences in Health of the University of Coimbra, which has a laboratory for the production of radiopharmaceuticals with cyclotron and radiochemical laboratories, as well as a clinical unit equipped with PET/CT scanners.*

*There is also tutorial accompaniment of the students in the realization of an oral presentation by each one of the students. The themes of these presentations will be put to the consideration of the students at the beginning of the program and each student will choose one of the themes.*

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

*JJPLima (ed) : Nuclear Medicine Physics, CRC Press, 2010*

*S. Cherry, J. Sorenson and M. Phelps, Physics in Nuclear Medicine, Elsevier 2012.*

*Saha, G.B. : Fundamentals of Nuclear Pharmacy. 2003. 5th ed. Springer-Verlag*

*AAPM report series*

*IAEA Tech Docs series*

*Pharmacopeia Europeia*

**Mapa IV - Física da Radiologia**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física da Radiologia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Physics of Radiology*

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

*FM*

**4.4.1.3. Duração:**

*1 semestre (15 semanas)/ 1semester (15 weeks)*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T-36; PL-18; OT-6*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Maria Isabel Silva Ferreira Lopes (32h)*

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

*Francisco Alves (4h)*

*Nuno Chichorro (8h)*

*Jorge Isidoro (8h)*

*Alexandre Lindote (8h)*

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

*A unidade curricular tem como principais objectivos:*

- *Dotar os alunos de conhecimentos sólidos sobre os conceitos físicos de base, aspectos dosimétricos e instrumentação das técnicas de imagem para diagnóstico e intervenção baseadas em Raios-X.*
- *Conduzir à integração de conhecimentos básicos para compreender e relacionar o tipo de informação que as técnicas de imagem podem fornecer, os parâmetros ajustáveis do equipamento e a sua relação quer com a dose recebida pelo paciente quer com a qualidade de imagem.*
- *Acquisição de conhecimentos e competências básicas para saber avaliar o desempenho dos equipamentos nas várias modalidades, que consta dos testes do controlo de qualidade dos equipamentos, e a qualidade de imagem numa perspetiva de otimização da dose paciente.*

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

*The course's main objectives:*

- *Provide students with solid knowledge on the basic physical concepts, dosimetric aspects and instrumentation of X-rays based imaging techniques for diagnosis and intervention;*
- *Leading to the integration of basic knowledge to understand and relate the type of information that the imaging techniques can provide, the adjustable parameters of the equipment and their relation with the dose received by the patient and with the image quality.*
- *Acquisition of basic knowledge and skills to know how to evaluate i) the performance of the equipment in the various modalities that is included in the equipment quality control tests; ii) the image quality in the patient dose optimization perspective.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Fontes de raios-X para imagiologia ; espectros de raios-X.*
2. *Avaliação da qualidade de imagem: contraste, resolução, nitidez, SNR2/D, DQE, MTF.*
3. *Técnicas de imagem planar com raios-X*
  - 3.1. *Formação da imagem*
  - 3.2. *Radiografia, Mamografia e Fluoroscopia*
  - 3.3. *Painéis planos para radiografia digital: detectores de conversão directa e indirecta*
4. *Tomografia Axial Computorizada*
  - 4.1. *Formação e aquisição da imagem*
  - 4.2. *Tomógrafos de TAC (including detectors)*
  - 4.3. *Métodos de reconstrução de imagem em CT*
  - 4.4. *Tomosíntese*
5. *Dual energy imaging and absorptiometry*
6. *Imagiologia dual e multi-modal*
7. *Dosimetria paciente para os raios X usados na radiologia*
  - 7.1. *Especificação dos feixes de raios X*
  - 7.2. *Grandezas e unidades para a medição e cálculo*
  - 7.3. *Métodos de medição*
  - 7.4. *Determinação da dose no órgão / tecido*
8. *Visualização, percepção e avaliação da imagem em radiologia.*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1 - *X-ray sources for imaging; X-ray spectra.*
2. *Image quality evaluation: contrast, resolution, sharpness, SNR2 / D, DQE, MTF.*
3. *X-ray planar imaging techniques*
  - 3.1. *Image formation*
  - 3.2. *Radiography, Mammography and Fluoroscopy*
  - 3.3. *Flat panels for digital radiography: direct and indirect conversion detectors*
4. *Computed Tomography*
  - 4.1. *Formation and acquisition of image*
  - 4.2. *TAC tomographs (including detectors)*
  - 4.3. *Methods of CT reconstruction*
  - 4.4. *Tomosynthesis*
5. *Dual energy imaging and absorptiometry*
6. *Dual and multi-modal imaging*
7. *Patient dosimetry for X-rays used in radiology*
  - 7.1. *Specification of X-ray beams*
  - 7.2. *Quantities and units for measurement and calculation*
  - 7.3. *Measurement methods*
  - 7.4. *Organ / tissue dose determination*
8. *Visualization, perception and evaluation of the image in radiology.*

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

*Os conteúdos programáticos cobrem os tópicos que se consideram ser os essenciais para atingir os objectivos desta unidade curricular em termos de conhecimentos e de competências. Assim, são cobertos com detalhe os tópicos da geração de raios-X, formação da imagem em técnicas de radiologia planar e tomográfica, a instrumentação usada nestas técnicas, os aspectos dosimétricos relativos ao paciente, assim como a avaliação da qualidade de imagem. Na abordagem destes tópicos, o enfoque é colocado nos aspectos relevantes para Física Médica, nomeadamente na preparação académica a nível de conhecimentos e competências necessária aos físicos médicos na área da radiologia.*

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

*The syllabus covers the topics that are considered essential to achieve the objectives of the course in terms of knowledge and skills. Thus, the topics of X-ray generation, image formation in planar and tomographic radiology techniques, the instrumentation used in these techniques, the dosimetric aspects related to the patient, as well as the assessment of the image*

*quality are covered in detail. In addressing these topics, the focus is placed on aspects relevant to Medical Physics, namely in the academic preparation, at the level of knowledge and skills, required for medical physicists in the field of radiology.*

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

*aulas teóricas de exposição da matéria*

*• aulas práticas de computação, laboratoriais e em ambiente hospitalar*

*• tutoriais: acompanhamento das apresentações e trabalhos de síntese a realizar pelos alunos*

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

*• theoretical lectures*

*• computing, laboratorial and in the hospital environment practical classes*

*• tutorials: student supervision in the preparation of the presentations and synthesis work to be done by students*

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

*A metodologia de ensino baseia-se numa distribuição equilibrada entre aulas presenciais do tipo teórico, com exposição dos conteúdos definidos no programa da unidade curricular e aulas práticas, em ambiente clínico e laboratorial, onde os estudantes poderão tomar contacto direto com os equipamentos e sistemas utilizados e geridos por um físico médico na área da radiologia de diagnóstico.*

*Há, também, realização de aplicações computacionais versando geração e deteção de raios-X por equipamentos usados em radiologia. Por fim, há ainda acompanhamento tutorial dos alunos na realização de uma apresentação oral por cada um dos alunos. Os temas destas apresentações serão postos à consideração dos estudantes no início do programa e cada aluno escolherá um dos temas. As apresentações orais terão a duração de 30 min cada, seguidas de discussão. Serão também objeto de elaboração de trabalho escrito. Pretende-se com este desafio desenvolver nos alunos as competências associadas à capacidade de abordagem de um novo problema, de integração dos conhecimentos, de leitura da literatura avançada e especializada no problema a abordar, assim como a capacidade de síntese e de exposição.*

*Esta complementaridade de formação continua ao longo do semestre, teórica e aplicada, associada à metodologia de avaliação adotada, irá desenvolver no aluno as competências contempladas nos objetivos da unidade curricular.*

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

*The teaching methodology is based on a balanced distribution between theoretical classes, with the exposition of the contents defined in the course syllabus and practical classes in a clinical and laboratory environment in which the students can take direct contact with the equipment and systems used and managed by a medical physicist in the field of diagnostic radiology.*

*There are also computational applications regarding X-ray generation and detection by the equipment used in radiology. Finally, there is tutorial supervision of the students in the preparation of an oral presentation to be done by each one of the students individually. The themes of these presentations will be put to the consideration of the students at the beginning of the course and each student will choose one of the themes. Oral presentations will last 30 minutes each, followed by discussion. They will also be accompanied by a written work. The written work and the presentation aim to develop the skills associated with the ability to approach a new problem, integrating knowledge, reading the advanced and specialized literature on the problem to be addressed, as well as the ability of synthesis and exposure.*

*This complementarity of continuous work throughout the semester, theoretical and practical, associated with the evaluation methodology adopted, will develop in the student the competences contemplated in the objectives of the curricular unit.*

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

*Webb S, The physics of medical imaging, IoP 1992*

*• Buschberg JT et al. The essential physics of medical imaging, 2002.*

*• JJPLima (ed) : Nuclear Medicine Physics, CRC Press, 2010.*

*• Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students, IAEA, 2014.*

*• Mutic S et al. Quality assurance for computed-tomography simulators and the computed-tomography-simulation process: report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 66, Med Phys 2003; 2762-2792.*

### Mapa IV - Fundamentos de Biologia Molecular e Celular do Cancro e de Radiobiologia

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Fundamentos de Biologia Molecular e Celular do Cancro e de Radiobiologia*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Foundations of Molecular and Cell Biology of Cancer and Radiobiology*

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

*CB*

#### 4.4.1.3. Duração:

*1 semestre (15 semanas)/ 1semester (15 weeks)*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*81*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T-40*

#### 4.4.1.6. ECTS:



3

## 4.4.1.7. Observações:

&lt;sem resposta&gt;

## 4.4.1.7. Observations:

&lt;no answer&gt;

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

*Anabela Pinto Rolo (15)*

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

*Teresa Martins (19h)**Maria do Carmo Lopes (6h)*

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

*Esta unidade curricular visa dotar os estudantes com conhecimentos e competências na área da biologia celular e molecular, oncobiologia e radiobiologia, particularmente no que concerne a : 1) mecanismos celulares e moleculares reguladores da proliferação, diferenciação e função celulares; 2) oncogénese e características das células tumorais; 3) efeitos da radiação em células vivas, normais e tumorais; 4) resposta das células à radiação; 5) efeitos e modelos biológicos dos regimes de radioterapia; 6) efeitos da radioterapia nos tecidos normais e consequentes condicionamentos ao tratamento; 7) modelização matemática dos resultados do tratamento. Espera-se que após conclusão da unidade curricular o aluno seja capaz de compreender os mecanismos envolvidos na resposta das células à radiação, a forma como as características dos tumores podem condicionar a radioterapia e como podem ser exploradas para potenciar a resposta à irradiação, e os modelos físicos e biológicos usados na radioterapia.*

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

*his course unit aims at doting students with knowledge and skills in molecular and cell biology, oncobiology and radiobiology, particularly with regard to the understanding of: 1) the molecular and cellular mechanisms governing cellular proliferation, differentiation and function; 2) oncogenesis and the hallmarks of cancer; 3) the radiation effects on normal and tumour cells; 4) the cellular response to radiation; 5) the biological effects and models of radiation therapy regimens; 6) the effects of radiotherapy in normal tissues and their impact on treatment; 7) mathematical modelling of treatment results. It is expected that, at the end of this course unit, the students will be able to understand the mechanisms involved in the response of cells to radiation, the way tumour features impact radiation therapy, and how these features may be explored to augment the response to radiation; as well as the physics and biological models that are used in radiation therapy.*

## 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Molecular and Cell Biology: 1) The cell and the molecules of life; 2) DNA replication, transcription, protein synthesis, genetic code, regulation of gene expression; 3) The cell cycle and its regulation.*

*Foundations of Oncobiology: 1) Mutations and consequences; 2) Oncogenesis, oncogenes, tumour suppressor genes; 3) hallmarks of cancer; 4) tumour evolution and metastasis formation; 5) cancer stem cells; 6) tumour microenvironment; 7) Diagnosis and classification of tumours.*

*Foundations of Radiobiology: 1) Cellular effects of radiation; 2) Deterministic and stochastic effects of ionizing radiation; 3) Tumour and normal tissue response to therapeutic radiation levels; 4) Effects of fractionation and dose rate; 5) 5Rs and other biologic effects; 6) radiosensitization; 7) Radioimmunotherapy; 8) Linear-Quadratic Model; 9) Therapeutic index, tumour control probability and complication probability; tolerance doses; 10) Dose-volume effects; 10) Mathematical modelling of treatment results.*

## 4.4.5. Syllabus:

*Molecular and Cell Biology: 1) The cell and the molecules of life; 2) DNA replication, transcription, protein synthesis, genetic code, regulation of gene expression; 3) The cell cycle and its regulation.*

*Oncobiology: 1) Mutations and consequences; 2) Oncogenesis, oncogenes, tumour suppressor genes; 3) hallmarks of cancer; 4) tumour evolution and metastasis formation; 5) cancer stem cells; 6) tumour microenvironment; 7) Diagnosis and classification of tumours.*

*Radiobiology: 1) Cellular effects of radiation; response to radiation; 2) Deterministic and stochastic effects of ionizing radiation; 3) Tumour and normal tissue response to therapeutic radiation levels; 4) Effects of fractionation and dose rate; 5) 5Rs and other biologic effects; 6) radiosensitization; 7) Radioimmunotherapy; 8) Linear-Quadratic Model; 9) Therapeutic index, tumour control probability and complication probability; tolerance doses; 9) Dose-volume effects; 10) Mathematical modelling of treatment results.*

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

*O programa da unidade curricular aborda conceitos básicos relativos ao funcionamento celular. Será atribuído ênfase particular ao estudo integrado diversos mecanismos envolvidos na transformação celular, com realce para a investigação científica corrente da área. Estes conceitos permitirão posteriormente a compreensão dos efeitos biológicos da radiação tanto em células normais como em células tumorais. Este conhecimento fará a ponte para a compreensão do modo de acção da radioterapia no tratamento de cancro, da possibilidade de ocorrência de complicações em tecidos normais e de formas de aumentar a eficácia da radioterapia. Permitirá também a compreensão dos modelos (ex: modelo linear quadrático, modelos de previsão de resultados do tratamento) e conceitos utilizados na radioterapia (ex: razão terapêutica).*

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

*The curricular unit program covers basic concepts related to cellular function. Particular emphasis will be placed on the integrated study of several mechanisms involved in cell transformation, with emphasis on current scientific research in the area. These concepts will allow the later understanding of the biological effects of radiation in normal and tumour cells. This*

*knowledge will pave the way for the understanding of the mode of action of radiation therapy in cancer treatment, of the possibility of the occurrence of normal tissue complications, and of strategies aimed at improving the efficacy of radiotherapy. It will also permit the understanding of models (e.g., linear-quadratic model; models to predict treatment results) and concepts routinely employed in radiation therapy (e.g., therapeutic index).*

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

*Aulas teóricas com apresentação \ explicação \ discussão de temas de ponta na área. As aulas são suportadas por apresentações com textos simples e diagramas, gráficos.*

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

*Theoretical classes with presentation \ explanation \ discussion of cutting-edge topics in the area. Classes are supported by presentations with simple texts and diagrams, graphics.*

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

*No decorrer das aulas teóricas serão colocadas aos alunos questões estimulando a aplicação de conceitos adquiridos e integração de conhecimentos.*

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

*In the course of the theoretical classes students will be asked questions stimulating the application of acquired concepts and integration of knowledge.*

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

*Lodish H, Berk A et al., Molecular Cell Biology 7th ed. New York: W. H. Freeman; 2012*

*Kumar V, Abbas AK, Aster AC, Robbins & Cotran Pathologic Basis of Disease, 9th ed. Saunders Elsevier; 2015*

*Robert A Weinberg, The Biology of Cancer, 2nd ed., Garland Science, 2014*

*Eric J Hall & Amato J Giaccia, Radiobiology for the Radiologist, 7th ed., Wolters Kluwer, 2011*

**Mapa IV - Fundamentos de Física Médica em Radioterapia**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fundamentos de Física Médica em Radioterapia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Fundamentals of Medical Physics in Radiotherapy*

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

*FM*

**4.4.1.3. Duração:**

*1 semestre (15 semanas)/ 1 semester (15 weeks)*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:27; PL:18; OT:9; S:6*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Maria do Carmo Carrilho Calado Antunes Lopes (52h)*

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

*Equipa de físicos médicos do Serviço de Física Médica do IPOCFG (aulas práticas) - 8h*

*Team of medical physicists of the Medical Physics Dept. at IPOCFG (practical classes) -8h*

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

*Os físicos médicos em radioterapia são membros de equipas clínicas multidisciplinares responsáveis pelo tratamento dos doentes. O seu contributo específico é o de fornecer as bases científicas dos processos físicos e técnicos que estão na base de todo o processo de tratamento em radioterapia, garantindo a sua qualidade e segurança. São responsáveis pela escolha,*

*aceitação e calibração dos equipamentos geradores de radiação, bem como da dosimetria básica associada e do planeamento dosimétrico específico de cada doente, incluindo a sua otimização. Fazem parte da garantia da qualidade do processo quer o controlo de qualidade dos equipamentos e sistemas associados quer o controlo de qualidade dos planos de tratamento específicos de cada doente. É este o quadro em que se desenvolverá esta UC, procurando fornecer aos estudantes quer os fundamentos físicos e técnicos dos equipamentos, técnicas e procedimentos quer aptidões de visão crítica dos problemas e competências de resposta qualificada.*

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

*Medical physicists in radiotherapy are members of clinical multiprofessional teams responsible for patient treatments. Their specific contribution is providing the scientific basis of the physical and technical processes that support the treatment process in radiotherapy, assuring its quality and safety. Medical physicists are responsible for the equipment procurement, acceptance and calibration as well as for the basic dosimetry, commissioning, and treatment dose planning, including plan optimization. Either equipment and patient specific quality control tests are part of the treatment process quality assurance. This is the framework of this curricular unit (CU), aiming at providing the students with the physical and technical fundamentals concerning equipment, techniques and procedures and also developing the skills for critical vision in solving problems and competences of qualified response.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução geral à Radioterapia*
2. *Dosimetria em Radioterapia*
  - 2.1. *Dosimetria em condições de referência; Uso de protocolos*
  - 2.2. *Detetores e sistemas dosimétricos*
  - 2.3. *Fantomas*
  - 2.4. *Dosimetria de campos pequenos*
3. *Radioterapia Externa*
  - 3.1. *Unidades de tratamento*
  - 3.2. *Aceitação e commissioning*
  - 3.3. *Dosimetria básica*
  - 3.4. *Dosimetria clínica: algoritmos de cálculo de dose, planeamento dosimétrico e avaliação de planos*
  - 3.5. *Controlo e garantia da qualidade*
4. *Braquiterapia*
  - 4.1. *Equipamento e técnicas de tratamento*
  - 4.2. *Fontes radioativas e sua especificação*
  - 4.3. *Dosimetria clínica e cálculo de dose*
  - 4.4. *Garantia de qualidade, segurança e proteção radiológica*
5. *Terapia com partículas*
6. *Modelização matemática em radioterapia*
7. *Cultura de segurança e prevenção de acidentes em radioterapia*
8. *Gestão da qualidade em radioterapia*
  - 8.1. *Sistemas de qualidade e gestão de risco*
  - 8.2. *Controlo e garantia da qualidade*
  - 8.3. *Auditorias de qualidade*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *General introduction to radiotherapy*
2. *Dosimetry in radiotherapy*
  - 2.1. *Reference dosimetry; Codes of Practice*
  - 2.2. *Detectors and dosimetry systems*
  - 2.3. *Phantoms*
  - 2.4. *Small field dosimetry*
3. *External Beam Radiotherapy*
  - 3.1. *Treatment units*
  - 3.2. *Acceptance and commissioning*
  - 3.3. *Basic dosimetry*
  - 3.4. *Clinical dosimetry: dose calculation algorithms, treatment planning and plan evaluation*
  - 3.5. *Quality control and quality assurance*
4. *Brachytherapy*
  - 4.1. *Equipment and treatment techniques*
  - 4.2. *Radioactive sources and source specification*
  - 4.3. *Clinical dosimetry and dose calculations*
  - 4.4. *Quality assurance, radiation protection and safety*
5. *Particle therapy*
6. *Mathematical modelling in Radiotherapy*
7. *Safety culture and accident prevention in radiotherapy*
8. *Quality management in radiotherapy*
  - 8.1. *Quality systems and risk management*
  - 8.2. *Quality control and quality assurance*
  - 8.3. *Quality audits*

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

*O objetivo desta UC é fornecer aos estudantes as competências básicas requeridas a um físico médico na área da radioterapia, ou seja, os fundamentos físicos e técnicos dos equipamentos geradores de radiação, das técnicas de tratamento em radioterapia – quer radioterapia externa quer braquiterapia – e dos procedimentos de controlo de qualidade quer das unidades de tratamento e sistemas associados quer dos planos dosimétricos específicos de cada doente. A gestão da qualidade específica da radioterapia e da responsabilidade do físico médico nesse contexto é outra das vertentes que se procurará veicular aos estudantes, numa perspetiva de desenvolver neles as bases de uma cultura de segurança que seja propiciadora de mecanismos proativos de gestão do risco e da prevenção de acidentes.*

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

*he aim of this unit is providing the students with the basic competences required to the medical physicist in radiotherapy, which are the physical and technical fundamentals concerning treatment units, treatment techniques – both in external beam radiotherapy and brachytherapy – and the quality control procedures – both concerning the treatment units and associated systems, and the patient specific treatment plan evaluation and verification. The specific responsibility of medical physicists in assuring the quality of the global process in radiotherapy is also a clear objective of the CU, providing the basis of a safety culture that promotes proactive mechanisms of risk assessment and accident prevention.*

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

**Ensino:**

- aulas teóricas de exposição da matéria (45%);
- aulas práticas em ambiente hospitalar (30%)
- tutorial: e-learning (5%)
- apresentações pelos alunos (10%)
- tutorial: acompanhamento das apresentações e trabalhos de síntese a realizar pelos alunos (10%).

*As provas de avaliação de conhecimentos são as seguintes, contando para a classificação final com as respetivas percentagens:*

- Teste diagnóstico inicial (0%)
- Trabalho de síntese escrito e respetiva apresentação oral (20%)
- Relatório das aulas práticas (20%)
- Certificado de e-learning (10%)
- Exame final (50%)

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

**Teaching:**

- face-to-face theoretical teaching lectures (45%);
- practical classes in clinical environment (30%)
- tutorials: e-learning (5%)
- students presentations (10%)
- tutorials: monitoring of the students preparation of the presentations and the short monograph

*Knowledge assessment will be done through the following assays, corresponding to the stated percentage for the final classification:*

- Initial diagnosis test (0%);
- Short monograph and corresponding oral presentation (20%)
- Practicals reports (20%)
- e-learning certificate (10%)
- Final exam (50%)

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

*A metodologia de ensino baseia-se numa distribuição equilibrada entre aulas presenciais do tipo teórico, com exposição dos conteúdos definidos no programa da unidade curricular e aulas práticas, em ambiente hospitalar, onde os estudantes poderão tomar contacto direto com os equipamentos e sistemas utilizados e geridos por um físico médico em radioterapia. Esta vertente é possibilitada pelo protocolo assinado entre a FCTUC e o IPOCFG, no âmbito do qual as instalações desta unidade clínica serão disponibilizadas para a realização das aulas práticas, desde que não colidam com o funcionamento normal dos serviços de radioterapia e física médica do IPO de Coimbra.*

*Com um objetivo de cobrir a vertente de cultura de segurança e prevenção de incidentes, os estudantes serão convidados a seguir um curso on-line "Safety and Quality in Radiotherapy", na página da Agência Internacional de Energia Atómica, correspondendo a 5h de formação.*

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

*The educational methodology is based on a balanced distribution between face-to-face theoretical lectures where the contents of the CU program are taught and practical classes in clinical environment where the students can take close contact with the different equipment and associated systems that are managed by medical physicists in radiotherapy. This possibility is enabled by the signed protocol between the FCTUC and the IPOCFG, where the availability of the clinical installations for the practical classes was agreed as far as they won't collide with the normal clinical activities of the Radiotherapy and Medical Physics Departments.*

*With the aim of covering the dimension of the safety culture and active accident prevention, the students will be invited to follow an e-learning course on "Safety and Quality in Radiotherapy" provided by the IAEA, on its website and that corresponds to around 5h of training.*

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

**ESTRO Booklet series**

**AAPM report series**

**ICRU report series**

**Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy, TRS-398, IAEA 2000**

**P. Andreo, D. T. Burns, A. Nahum, J. Seuntjens, F. H. Attix, Fundamentals of Ionizing Radiation Dosimetry, Wiley-VGH, 2017**

**Williams JR, Thwaites DI (Eds.). Radiotherapy physics in practice, Oxford University Press, 2nd Ed. 2000**

**Webb S. Contemporary IMRT Developing Physics and Clinical Implementation. IOP Publishing Ltd. Bristol, UK, 2005**

**Van Dyke J (Ed.). The Modern Technology of Radiation Oncology Volume 2. Medical Physics, Publishing, Madison, Wisconsin, 2005**

**Podgorsak EB, Radiation oncology physics: a handbook for teachers and students, IAEA, Vienna, 2005**

**The Physics of Modern Brachytherapy for Oncology. Series in medical physics and biomedical engineering.. CRC Press. 2007**

**IAEA. Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Safety Reports Series No. 17, 2000**

**Mapa IV - Imagiologia Médica: RMN e ultrassonografia**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Imagiologia Médica: RMN e ultrassonografia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Medical Imaging: NMR and Ultrasonography*

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

*FM*

**4.4.1.3. Duração:**

*1 semestre (15 semanas)/1 semester (15 weeks)*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*81*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T-15; TP-8; S-7*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Paulo Alexandre Vieira Crespo (5h)*

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

*Jaime Baptista dos Santos (10h),*

*Miguel Castelo Branco (10h),*

*Mário João Simões Ferreira dos Santos (5h)*

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

*Adquirir uma formação teórica e prática na área da Instrumentação para Imagiologia Médica com particular enfoque nos princípios físicos na obtenção dos diferentes tipos de imagens médicas, no princípio do funcionamento dos instrumentos e nas técnicas de aquisição das imagens.*

*Integração de conhecimentos básicos para compreender e relacionar o tipo de informação que uma técnica de imagem pode fornecer, os princípios físicos em que se baseia e a instrumentação que utiliza.*

*Adquirir familiaridade com as técnicas de imagiologia médica que não utilizam radiação ionizante*

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

*To acquire a theoretical and practical training in the area of Instrumentation for Medical Imaging with particular emphasis on physical principles in obtaining the various types of medical imaging, in the principle of operation of instruments and techniques of image acquisition. Integration of basic knowledge to understand and relate the type of information that an imaging technique can provide, the physical principles on which it is based and on the instrumentation they use. Acquiring familiarity with medical imaging technique that do not use ionizing radiation commonly used. Ability to search and use the bibliography as well as other sources of information relevant to the research or technological development.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*-Técnicas de imagem por ultra-sons*

*Propagação da onda acústica e atenuação;*

*Transdutores ultra-sonoros*

*Técnicas usando o modo transmissão e usando pulso-eco*

*Sistemas de Imagem e Aplicações: Imagens 2D, 3D e 4D; Modos Doppler.*

*Ultra-sons de alta-intensidade: Aplicações clínicas; Bio-efeitos induzidos*

*II-Imagiologia por Ressonância Magnética Nuclear*

*Princípios. Sequências de impulsos. Processos de relaxação*

*Aquisição de imagem e instrumentação*

**4.4.5. Syllabus:**

*I - Imaging techniques by ultrasound.*

*Propagation and atenation of the acoustic wav e;*

*Ultrasonic transducers*

*Techniques using transmission and eco-pulse modes*

*Imaging systems and applications: 2D, 3D and 4D images; Doppler modes.*

**II - Nuclear Magnetic Resonance Imaging (NMR)**  
**Principles. Pulse sequences. Relaxation processes.**

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
*Os conteúdos programáticos cobrem aqueles que se consideram ser os conhecimentos e capacidades essenciais para um bom domínio da disciplina, de acordo com a literatura de referência disponível, a experiência de ensino dos docentes da Faculdade de Ciência e Tecnologia e da FMUC, assim como por comparação com a prática das escolas de referência.*
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:  
*The syllabus addresses the knowledge and skills considered to be essential for a good understanding of the course, according to the reference literature available on the subject, the teaching expertise of the teachers of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra and FMUC, as well as by comparison to the standards of the reference schools*
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):  
*Aulas teóricas sobre dos princípios físicos em que se baseiam as técnicas e o funcionamento dos sistemas de aquisição. Visitas a Unidades Hospitalares, clínicas privadas e laboratórios de investigação onde possam ocorrer demonstrações (com a participação dos alunos) das técnicas e do equipamento que foi objecto de estudo.*
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):  
*Lectures on physical principles they are based on the techniques and systems of acquisition. Visits to the hospitals, private clinics and research laboratories where demonstrations might occur (with the participation of students) and with techniques and equipment that was subject of study.*
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
*As metodologias de ensino adoptadas permitem dotar o aluno com os conhecimentos teóricos e as capacidades relevantes, sendo semelhantes àquelas que são usadas em unidades curriculares do mesmo tipo nas escolas de referência.*
- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:  
*The teaching methods adopted are suited to provide the student with the theoretical knowledge and relevant skills, and are similar to those that are used in the same type of courses in the reference schools*
- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:  
*S. Webb (ed.), The physics of Medical Imaging, IOP, 1998.  
 J. J. Carr, J. M. Brown, Introduction to Biomedical Equipment Technology, Prentice Hall, 1998  
 L.A. Geddes and L.E. Baker, Principles of applied biomedical instrumentation, Wiley, New York 1989.  
 Medical imaging physics, Hendee WR e Ritenou ER, Wiley-Liss, 4th ed., 2002.  
 Diagnostic ultrasound imaging, Thomas L. Szabo., Elsevier Academic Press, 2004  
 MRI, basic principles and applications, M. A. Brown and R.C. Semelka, Wiley-Liss, Hoboken, N.J., 2003  
 Artigos científicos de revisão seleccionados pelo professor.*

**Mapa IV - Interação da Radiação com a Matéria**

- 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
*Interação da Radiação com a Matéria*
- 4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Interaction of Radiation with Matter*
- 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:  
*FM*
- 4.4.1.3. Duração:  
*1 semestre/1 semester*
- 4.4.1.4. Horas de trabalho:  
*162*
- 4.4.1.5. Horas de contacto:  
*T:30; PL:30*
- 4.4.1.6. ECTS:  
*6*
- 4.4.1.7. Observações:  
*<sem resposta>*
- 4.4.1.7. Observations:  
*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Maria Isabel Silva Ferreira Lopes***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Objetivos:***Adquirir conhecimentos aprofundados sobre os processos de interação da radiação com a matéria. Conhecimentos detalhados e operacionais sobre vários tipos de detetores de radiação.***Objetivos secundários:***Desenvolvimento de competências de simulação e modelação, usando software genérico e desenvolvimento de pequenos programas**Desenvolvimento de capacidades de análise e de síntese, de resolução de problemas, análise crítica de dados e resultados.**Desenvolvimento da autonomia da aprendizagem e de capacidades de trabalho em laboratório e criatividade.***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):****Objetivos:***Adquirir conhecimentos aprofundados sobre os processos de interação da radiação com a matéria. Conhecimentos detalhados e operacionais sobre vários tipos de detetores de radiação.***Objetivos secundários:***Desenvolvimento de competências de simulação e modelação, usando software genérico e desenvolvimento de pequenos programas**Desenvolvimento de capacidades de análise e de síntese, de resolução de problemas, análise crítica de dados e resultados.**Desenvolvimento da autonomia da aprendizagem e de capacidades de trabalho em laboratório e criatividade.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):****Main learning outcomes:***Acquire deep knowledge of the processes of interaction of radiation with matter. Detailed knowledge of the different types of radiation detectors and their operation.***Other learning outcomes:***Development of simulation and modelling skills, using generic software as well as development of small specific programs**Development of analytical and synthesis reasoning skills, problem-solving and critical analysis of data and results.**Development of learning autonomy, creativity and laboratory skills.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***Interação de partículas carregadas com a matéria.**Dispersão de partículas por i) electrões ii) núcleos atómicos.**A equação de  $dE/dx$  na aproximação de Bohr.**Equação de Bethe-Block.* *$dE/dx$  para materiais compostos. Alcance de uma partícula. Curva de Bragg.**Flutuações estatísticas na perda de energia. Straggling. Deposição de energia em espessuras finas. Distribuição de Landau.* *$dE/dx$  para electrões e positrões.**Dispersão múltipla de partículas. Distribuição de Molière. Produção de raios delta.**Interação da fotões com a matéria.**Efeito fotoeléctrico. Cálculo da secção eficaz.**Efeito de Compton. Secção eficaz de Klein-Nishina. Bordo de Compton.**Secções eficazes de bremsstrahlung e produção de pares.**Interação de neutrões com a matéria.**Detetores gasosos.**Detetores de semicondutor.**Detetores líquidos, orgânicos, inorgânicos e criogénicos.**Formação dos sinais em detetores de radiação. Resolução em energia e em posição.**Detetores de neutrões.**Simulação de um detector de radiação.***4.4.5. Syllabus:***Interaction of charged particles with matter.**Scattering of particles by i) electrons ii) atomic nuclei* *$dE/dx$  equation in the Bohr approximation.**Bether-Bloch equation.* *$dE/dx$  for composite materials. Particle range. Bragg curve.**Statistical fluctuations in energy loss. Straggling. Deposition of energy in thin layers. Landau distribution.* *$dE/dx$  for electrons and positrons.**Multiple scattering of particles. Molière distribution. Production of delta rays.**Interaction of photons with matter.**Photoelectric effect. Calculation of cross-section.**Compton effect. Klein-Nishina cross-section. Compton edge.**Cross-section for bremsstrahlung and pair production.**Interaction of neutrons with matter.**Gaseous detectors.**Semiconductor detectors.**Liquid, organic, inorganic and cryogenic detectors.**Signal formation in radiation detectors. Energy and position resolution.**Neutron detectors.**Simulation of a radiation detector.*

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
*Os conteúdos programáticos cobrem aqueles que se consideram ser os conhecimentos e capacidades essenciais para um bom domínio da disciplina, de acordo com a literatura de referência disponível, a experiência de ensino dos docentes da Faculdade de Ciência e Tecnologia e por comparação com a prática das escolas de referência acima referidas.*
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:  
*The syllabus addresses the knowledge and skills considered to be essential for a good understanding of the course, according to the reference literature available on the subject, the teaching expertise of the teachers of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra and compared to the standards of the reference school referred above.*
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):  
*Aulas teóricas com recurso ao quadro e à projecção de transparências e apresentações e animações computacionais; - A discussão das matérias deve sempre incluir a referência e análise das observações experimentais mais significativas dos fenómenos que estão a ser discutidos. -As aulas devem ser sempre abertas à discussão, envolvendo nela os estudantes. -Elaboração de problemas de aplicação das matérias leccionadas, para serem discutidos pelos alunos. Estudo de casos típicos. -Desenvolvimento de projectos com âmbito mais abrangente e maior profundidade do que os problemas exemplificativos*
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):  
*-Lectures using blackboard and the presentation of slides and computer animations, - the discussion of matters should always include reference and analysis of experimental observations most significant, which are being discussed. -The lessons should always be open to discussion, involving the students. -Preparation of problems for the application of material taught, to be discussed by the students. Study of typical cases. -Development projects with wider scope and greater depth than the sample problems. -Discussion of issues and recent observations on the edge of present knowledge.*
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
*As metodologias de ensino adoptadas permitem dotar o aluno com os conhecimentos teóricos e as capacidades relevantes, sendo semelhantes àquelas que são usadas em unidades curriculares do mesmo tipo nas escolas de referência. No trabalho laboratorial os alunos terão oportunidade de desenvolver os objetivos de trabalho autónomo, criatividade e as competências de índole laboratorial preconizadas.*
- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:  
*The teaching methods adopted are suited to provide the student with the theoretical knowledge and relevant skills, and are similar to those that are used in the same type of courses in reference schools. During laboratory work the student will train the practical skills including autonomy and creativity.*
- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:  
*"Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: a how to approach", W. Leo, Springer, 1994.  
"Principles of Radiation Interaction in Matter and Detection", Claude Leroy and Pier-Giorgio Rancoita, World Scientific, 2004.  
"Radiation Physics for Medical Physicists", Ervin B. Podgorsak, 2nd edition Springer 2010*

#### Mapa IV - Métodos Estatísticos e Simulação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
*Métodos Estatísticos e Simulação*

4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Statisticals Methods and Simulation*

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

4.4.1.3. Duração:  
*1 semestre /1 semester*

4.4.1.4. Horas de trabalho:  
*162*

4.4.1.5. Horas de contacto:  
*T-15h; PL-45h; OT-15h*

4.4.1.6. ECTS:  
*6*

4.4.1.7. Observações:  
*<sem resposta>*

4.4.1.7. Observations:  
*<no answer>*



**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***João Carlos Carvalho (5h)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Rui Manuel Dias Cortesão dos Santos Bernardes (60h)**Alexandre Lindote (10h)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Analisar dados utilizando procedimentos estatísticos adequados;**Utilizar ferramentas informáticas apropriadas aos cálculos estatísticos;**Planificar correctamente estudos estatísticos no âmbito das ciências biomédicas;**Avaliar criticamente os resultados de trabalhos publicados na literatura especializada;**O aluno deve ficar a conhecer as limitações dos números pseudo-aleatórios e dos geradores correspondentes. Deve perceber os fundamentos do método de Monte Carlo e o âmbito de aplicação desta técnica de simulação.**Deve ficar capaz de simular uma dada amostra de dados e de obter, a partir da simulação, o resultado previsto e a sua incerteza.**Deve ser capaz de fazer um modelo de Monte Carlo de um processo físico (e de uma sequência de processos físicos) com o intuito de prever e reproduzir os resultados, em particular no âmbito do transporte e interação da radiação em sistemas físicos e biológicos. Deve ser capaz de desenvolver uma aplicação básica no Geant4.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To analyze data using appropriate statistical procedures;**To use suitable software tools to perform statistical calculations;**To plan correctly statistical studies in biomedical sciences;**To judiciously evaluate the results of studies published in the literature;**The student should be aware of the limitations of pseudorandom numbers and the corresponding generators. He/she should understand the fundamentals of the Monte Carlo method and the scope of this simulation technique. He/she should be able to simulate a given data sample and to obtain, from the simulation, the expected result and its uncertainty. He/she should be able to make a Monte Carlo model of a physical process (and a sequence of physical processes) in order to predict and reproduce some results, particularly in the context of the transport and interaction of radiation in physical and biological systems. Must be able to develop a basic application in Geant4***4.4.5. Conteúdos programáticos:***Introdução à análise exploratória de dados.**Estatística descritiva e visualização de dados. Bases de dados.**Probabilidade: conceito e algebra. Variáveis aleatórias e funções de probabilidade. Distribuições de probabilidade discretas: binomial e Poisson. Distribuições de probabilidade contínuas: normal, normal padrão e t-Student. Teorema do limite central.**Estatística inferencial. Amostra, população e técnicas de amostragem. Teoria da estimação.**Hipótese estatísticas e testes de hipóteses. Nível de significancia e potência de um teste. Valor de p. Testes paramétricos e não paramétricos.**Métodos de Monte Carlo.**Probabilidades discretas, contínuas e cumulativas. Distribuição uniforme e não uniforme.**Alteração da densidade de probabilidade.**Métodos de Monte Carlo em Física Médica. Algoritmo de transporte de radiação.**Descrição e uso de diferentes pacotes de software em Física Médica e de Radiação.**Simulação simples de Monte Carlo no framework Geant4.**Sessões práticas de simulação em Geant4.***4.4.5. Syllabus:***Introduction to data analysis.**Descriptive statistics and data visualization. Databases.**Probability: concept and algebra. Random variables and probability functions. Discrete probability distributions: binomial and Poisson. Continuous probability distributions: normal, normal standard and t-Student. Central limit theorem.**Inferential statistics. Sample, population and sampling techniques. The estimation theor.**Statistical hypothesis and hypothesis testing. Level of significance and power of a test. P value. Parametric and non-parametric tests.**Methods of regression and correlation;**Statistical methods of supervised and unsupervised classification.**Monte Carlo methods.**Discrete, continuous and cumulative probabilities. Uniform and non-uniform distributions.**Monte Carlo methods in Medical Physics. Radiation transport algorithm.**Description and use of software packages in Medical and Radiation Physics.**Basic of Monte Carlo simulation with Geant4**Practical sessions of Geant4 simulation.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***A disciplina de métodos estatísticos aborda temas introdutórios dotando o aluno com os conhecimentos necessários à correcta interpretação, análise e simulação de dados. Para tal, são estudados os principais indicadores numéricos e o tipo de gráficos mais adequados a diferentes níveis de mensuração das variáveis.**São também estudadas as técnicas de amostragem. Estes conhecimentos permitem a planificação de estudos científicos.**Para a realização da análise de dados serão exploradas ferramentas informáticas apropriadas.**São ensinados os algoritmos mais comuns utilizados no método de Monte Carlo, desde a geração de números aleatórios até à aplicação do software Geant4 em problemas específicos, bem como a descrição de outros programas muito utilizados neste domínio. A componente prática é fundamental para que os alunos consigam integrar os conhecimentos adquiridos e ganhem a vontade na resolução de problemas práticos e na utilização de este tipo de técnicas.*

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

*The course covers introductory topics of statistics aiming at providing students with the necessary knowledge for correctly interpreting and analyzing data. To accomplish this goal the main numerical indicators and type of graphics are studied, as well as, its adequacy to the different levels of measurement of the variables.*

*The most frequent sampling techniques are discussed. This knowledge will allow students to correctly plan scientific studies. To perform all the required analysis suitable software tools are used.*

*The most common algorithms used by the Monte Carlo method are taught, from the generation of random numbers to the application of the Geant4 software to specific problems, as well as the description of other programs widely used in this field. The practical component is fundamental so that the students can integrate the acquired knowledge and gain experience in the resolution of practical problems and in the use of this type of techniques.*

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

*Expositivo, demonstrativo, dialéctico e resolução de problemas práticos.*

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

*Lecturing, demonstrating, discussion and practical problem resolution.*

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

*Os métodos de ensino são variados e adaptados às diferentes exigências do currículo da disciplina e dos seus objectivos. As noções fundamentais são inicialmente explicadas aos alunos e, posteriormente, a sua aplicação a exemplo práticos é discutida em profundidade. Desta forma, procura-se desenvolver a capacidade de avaliação de dados escolhendo os procedimentos estatísticos mais adequados a cada situação.*

*O uso de ferramentas informáticas possibilita a obtenção rápida de resultados permitindo colocar o foco na interpretação e análise dos mesmos.*

*Nas aulas práticas têm a oportunidade de aplicar os métodos a casos práticos e ganham conhecimento na utilização do software mais comum, em particular o Geant4. O ensino teórico, que cobre métodos e técnicas, está assim perfeitamente interligado com as aulas práticas de computador, dedicadas à sua aplicação e utilização, permitindo um conhecimento integrado da linguagem e metodologia de simulação computacional.*

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

*The teaching methods are diverse and tailored to the different requirements of the curriculum of the course and its objectives.*

*The fundamental notions are firstly explained to students and then, their application in practical examples is discussed in depth.*

*Thus, we seek to develop the ability for evaluating data by choosing the most suitable statistical procedures for each situation.*

*The use of computer tools enables rapid results permitting to put the focus on the interpretation and analysis of them.*

*In the practical classes they have the opportunity to apply these methods to practical cases and to gain knowledge in the use of the most common software packages, in particular Geant4. The theoretical teaching, which covers methods and techniques, is thus perfectly interconnected with practical computer classes, dedicated to its application and use, allowing an integrated knowledge of the language and methodology of computational simulation.*

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

*Análise Estatística, com utilização do SPSS; João Maroco, Edições Silabo;*

*Fundamentals of Biostatistics, Bernard Rosner, Thomson Brooks/Cole, 2006*

*Bioestatística, Epidemiologia e Investigação, A. Gouveia de Oliveira, Lidel*

*Métodos Quantitativos em Medicina, Massad, Menezes, Silveira & Ortega ed. Manole, 2004*

*Pattern Classification; Richard Duda, Peter Hart, David Stork; John Wiley & Sons, Inc*

*An Introduction of Support Vector Machines; Nello Christianini, John Shawe-Taylor; Cambridge University Press*

*Knuth, The Art of Computer Programming, 3rd vol, Addison-Wesley, 1999.*

*Press et al., Numerical Recipes in c, Camb. Univ. Press, 1992.*

*Wong, Computational Methods in Physics and Engineering, 2nd ed, Prentice-Hall, 1997.*

*Alex F Bielajew; Fundamentals of Monte Carlo Transport for neutral and Charged particles, University of Michigan, 1998-2001*

*Geant4 manual in <http://geant4.web.cern.ch/>*

*PENELOPE manual in <https://www.oecd-nea.org/dbprog/courses/nsc-doc2015-3.pdf>*

*MCNP manual*

### Mapa IV - Metrologia

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Metrologia*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Metrology*

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

*ENG*

#### 4.4.1.3. Duração:

*1 semestre/1 semester*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

**T-30; PL-30**

**4.4.1.6. ECTS:**

**6**

**4.4.1.7. Observações:**

**<sem resposta>**

**4.4.1.7. Observations:**

**<no answer>**

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

**Jorge Afonso Cardoso Landeck**

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

**<sem resposta>**

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

**Conhecimento dos conceitos fundamentais e normas da metrologia.**

**Conhecimento da estatística do processo de medição.**

**Capacidade para calcular a incerteza associada ao resultado da medição.**

**Conhecimento dos parâmetros e métodos associados à metrologia de precisão em vários domínios.**

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

**Knowledge of the fundamental concepts and standards of metrology.**

**Knowledge of the statistics of the measurement process.**

**Ability to calculate the uncertainty associated with a measurement result.**

**Knowledge of the parameters and methods associated with precision metrology in several domains.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1. Introdução geral à metrologia**

**2. Sistema Internacional de Unidades (SI)**

**3. Algarismos significativos.**

**4. Estatística das medições.**

**5. Especificação metrológica dos instrumentos de medição**

**6. Erros sistemáticos e aleatórios. Cálculo e expressão da incerteza.**

**7. Calibração e ajuste dos instrumentos**

**8. Padrões de medida e laboratórios de calibração. Rastreabilidade. Laboratórios de calibração e certificação. Laboratórios Nacionais de Metrologia. Sistema de qualidade.**

**9. Metrologia dimensional**

**10. Metrologia da massa**

**11. Metrologia da temperatura**

**12. Metrologia de tempo e frequência**

**13. Metrologia eletromagnética**

**14. Metrologia da radiação ótica.**

**4.4.5. Syllabus:**

**1. General introduction to metrology**

**2. International System of Units (SI)**

**3. Significant figures**

**4. Measurement statistics.**

**5. Measuring and test equipment**

**6. Statistic and systematic errors. Uncertainty calculation**

**7. Instrument verification and calibration**

**8. Standards and calibration laboratories. Measurement standards. Traceability. Calibration and certification laboratories. National Metrology Laboratories. Quality system.**

**9. Dimensional metrology**

**10. Mass metrology**

**11. Temperature metrology**

**12. Time and frequency metrology**

**13. Electromagnetic metrology**

**14. Optical radiation metrology**

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

**Os objetivos relativos à aquisição de conhecimento sobre os conceitos fundamentais da metrologia e a estatística da medição são diretamente alcançáveis através da exposição dos conteúdos programáticos definidos e dos trabalhos laboratoriais. O objetivo relativo à capacidade de cálculo da incerteza é alcançável através da combinação da exposição programática definida e da introdução de ferramentas de cálculo e exemplos nas aulas laboratoriais.**

**Por último, os objetivos relativos à aquisição de conhecimentos sobre a metrologia de precisão em vários domínios são alcançáveis através da apresentação dos conteúdos definidos e complementada pelos trabalhos laboratoriais.**

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

**The knowledge acquisition objectives about the fundamental concepts of metrology and the statistics of the measurement**

*process are directly met through the exposition of the defined syllabus and the lab exercises.*

*The measurement uncertainty ability can be met by exposition mentioned on the syllabus combined with the tools and examples introduced on the lab classes.*

*Finally, the knowledge acquisition objectives related with precision metrology in different domains are met through the exposition of the defined topics and complemented by the lab exercises.*

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

*O ensino é baseado em aulas teórico-práticas onde são apresentados os conceitos fundamentais da metrologia e os métodos de medição de precisão em vários domínios utilizando sempre que possível exemplos realistas e concretos.*

*Em complemento, nas aulas laboratoriais são introduzidas e exploradas ferramentas de cálculo e exemplos de aplicação relacionados com os temas apresentados.*

*A avaliação final é constituída por um exame escrito com consulta e pelos trabalhos realizados nas aulas laboratoriais, sendo que o último pode ser um trabalho de síntese sobre um tema de metrologia.*

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

*This course is primarily based on theoretical-practical classes where the fundamental concepts of metrology and precision measurement in several domains are presented using realistic and practical examples whenever possible.*

*Complementarily, support tools and application examples related with the presented topics are introduced and explored in the lab exercises.*

*The final grading comprises a written open-book exam and the exercises of the lab classes, considering that the last lab may be a short monography on metrology topic.*

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

*A metodologia de ensino proposta assenta, em primeiro lugar, na evolução em paralelo das aulas teórico-práticas e das aulas laboratoriais. Desta forma, os conceitos teóricos são explorados e melhor apreendidos através dos exercícios práticos.*

*Em segundo lugar, os mesmos conceitos teóricos apresentados nas primeiras aulas são utilizados para o estudo da metrologia de precisão em domínios variados, assim consolidando o conhecimento da disciplina.*

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

*The proposed teaching methodology is based, on first instance, on the parallel evolution of the theoretical-practical classes and the lab classes. In this way, the theoretical concept are explored and better understood with the lab exercises.*

*On second hand, the same theoretical concepts presented on the first classes are used for the study of precision metrology in varied domains thus consolidating the overall knowledge of the subject.*

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

1. *The Metrology Handbook, Jay Bucher, editor. ASQ Quality Press, 2004.*

2. *Vocabulário Internacional de Metrologia, IPQ, 2005*

3. *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM), JCGM, 2012*

4. *ISO 1000:1992 - SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

5. *ISO 5725-1:1994 - Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 1: General principles and definitions*

6. *ISO 5725-2:1994 - Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*

7. *ISO/TS 21748:2004 - Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation*

8. *ISO/TS 21749:2005 - Measurement uncertainty for metrological applications*

9. *ISO Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM, 2008*

10 *Chosen scientific papers*

#### Mapa IV - Segurança e Proteção Radiológica em Ambiente Hospitalar

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

*Segurança e Proteção Radiológica em Ambiente Hospitalar*

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

*Radiation Protection and Safety in Hospital Environment*

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

*FM*

##### 4.4.1.3. Duração:

*1 semestre/1 semestre*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T-38; TP-10; OT-7; PL-5*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Maria Carmem Fernandes de Sousa (56h)*

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

*Maria Isabel Silva Ferreira Lopes (4h)*

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

*O físico médico é um profissional com responsabilidades na área da segurança e proteção radiológica dos pacientes e existem muitas situações em que a exposição à radiação ionizante do paciente está relacionada com a dos profissionais e dos membros do público e acompanhantes que frequentam as instalações radiológicas médicas. É neste contexto que o Decreto-Lei nº 227/2008 prevê que as responsabilidades inerentes ao perito qualificado em proteção radiológica em ambiente clínico possam ser assumidas pelo físico médico. Esta unidade curricular pretende dotar os alunos com conhecimentos básicos na área da segurança e proteção radiológica nas suas várias vertentes - segurança das instalações, proteção dos trabalhadores, do público e dos pacientes, nas diversas áreas de utilização médica da radiação ionizante da radioterapia, medicina nuclear e radiologia.*

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

*Medical Physicist is a professional with responsibilities in the area of radiation protection and safety of the patient and there is many situations where the medical exposure of patients to ionizing radiation is interconnected with the occupational exposure of working staff and the public exposure of visitors to the hospitals. In this context, Decree-Law Nº 227/2008 defined that the “Medical Physics Expert” can assume the role and responsibilities of the “Radiation Protection Expert” in the hospital environment. This Curricular Unit will provide the students with basic knowledge in radiation protection and safety applied to medical sector in the different perspectives of radiation safety of the medical installations, radiation protection of working staff, members of the public and patients in the different areas of medical use of ionizing radiation of Radiotherapy, Nuclear Medicine and Radiology.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Detetores de radiação em dosimetria e proteção radiológica*

*2. Noções de proteção radiológica*

*2.1. Introdução*

*2.2. Efeitos biológicos da radiação ionizante*

*2.3. Grandezas e unidades*

*2.4. Conceitos e princípios fundamentais*

*2.5. Normas básicas e quadro legal*

*3. Segurança radiológica das instalações*

*3.1. Planeamento de instalações e cálculos de blindagens*

*3.2. Controlo das fontes radioativas*

*4. Proteção radiológica dos trabalhadores*

*4.1. Programa de monitorização individual e ambiental*

*4.2. Gestão das exposições potenciais*

*4.3. Programa de proteção radiológica*

*5. Proteção radiológica do público*

*5.1. Gestão dos resíduos radioativos*

*5.2. Transporte de material radioativo*

*5.3. Alta de um doente radioativo*

*6. Gestão das exposições médicas*

*6.1. Aplicação do princípio de justificação*

*6.2. Programa de garantia da qualidade*

*6.3. Níveis de referência de diagnóstico*

*6.4. Aplicação do princípio ALARA*

*6.5. Avaliação e comunicação do risco*

*6.6. Gestão das exposições acidentais ou não intencionais*

**4.4.5. Syllabus:**

*1. Radiation detectors in dosimetry and radiation protection*

*2. Fundamentals of radiation protection*

*2.1 Introduction*

*2.2 Radiation effects*

*2.3 Quantities and units*

*2.4 Fundamentals concepts and principles*

*2.5 Basic standards and legal framework*

*3. Radiation Safety of facilities*

*3.1 Facility design and shielding calculation*

*3.2 Safety and security of radioactive sources*

*4. Occupational radiation protection*

*4.1 Individual and workplace monitoring programme*

*4.2 Management of potential exposures*

*4.3 Radiation protection programme*

*5. Public radiation protection*

- 5.1 Radioactive wastes management
- 5.2 Transport safety of radioactive sources
- 5.3 Discharge of radioactive patients
- 6. Management of medical exposures
  - 6.1 Justification of medical exposure in clinical practice
  - 6.2 Quality assurance programme
  - 6.3 Diagnostic Reference Levels
  - 6.4 Optimization of exposure and protection in clinical practice
  - 6.5 Risk assessment and communication
  - 6.6 Management of accidental and unintended exposures

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
*Os conteúdos programáticos definidos na secção anterior têm em conta os tópicos recomendados para a formação académica pós-graduada em física médica na área da proteção radiológica por diversas organizações com responsabilidades na matéria, designadamente a IAEA na sua publicação TCS nº 56 e a IOMP na publicação de 2011 sobre “Medical Physics and Engineering Education and Training”. Também foram considerados os requisitos de formação para o perito qualificado em proteção radiológica previstos no Decreto-Lei N.º227/2008.*

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:  
*This syllabus takes into account the contents of the core module on “Radiation Protection” recommended by different organizations with responsibility in defining academic education programmes in medical physics. The International Atomic Energy Agency (IAEA) published TCS nº 56 on “Postgraduate Medical Physics Academic Programmes” and the International Organization for Medical Physics (IOMP) published a book on “Medical Physics and Engineering Education and Training” in 2011. The contents of the education programme required in Decree-Law 227/2008 for the professional qualification of the “Radiation Protection Expert” have also been considered.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- Aulas teóricas de exposição da matéria (64%);
- Apresentação de um trabalho de síntese a realizar pelos alunos (12%);

*De forma a aprofundar determinados tópicos relevantes, vai ser distribuído no início do semestre um conjunto de tópicos (tema complementar à matéria dada ou case-study), com a bibliografia associada, para cada aluno estudar e analisar. O aluno terá que apresentar o tópico em sala de aula num tempo máximo de 20 minutos e serão reservados 10 minutos para discussão. Estas apresentações serão realizadas no final do semestre.*

- Aulas teórico-práticas com cálculo de blindagem nas diversas áreas da radioterapia, medicina nuclear e radiologia (16%);
- 2 visitas ao IPO Coimbra para apresentar aos alunos o programa de proteção radiológica implementado na instituição, bem como o programa de garantia da qualidade desenvolvido na radiologia (8%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

- Theoretical lectures (64%);
- Presentation of an individual work delivered by each student (12%);

*Relevant topics for this CU, with the corresponding scientific articles and other texts, will be assign to each student at the beginning of the semester for studying in depth. Tutorial guidance will be given by the teacher for this task. Each student will present the topic in classroom during 20 minutes plus 10 minutes of discussion with the remaining students. The presentations will be delivered at the end of the semester.*

- Theoretical-practical classes with supervised exercises on shielding calculations for radiotherapy, nuclear medicine and radiology facilities (16%);
- 2 Visits to medical facilities at IPO Coimbra for presenting to the students the radiation protection programme implemented in the institution and the quality assurance programme implemented in the radiology department (8%).

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
*Com as aulas teóricas, pretende-se que o aluno adquira os conhecimentos fundamentais na área da segurança e proteção radiológica para futura aplicação nas aplicações médicas da radiação ionizante realizadas em ambiente clínico.*  
*Com as aulas teórico práticas baseadas em cálculos de blindagem nas diversas áreas da radioterapia externa, braquiterapia, medicina nuclear e radiologia, pretende-se que o aluno aplique os conhecimentos adquiridos e trabalhe o pensamento crítico e o rigor científico na resolução de problemas concretos encontrados em meio hospitalar.*  
*Com o trabalho de estudo dos temas propostos, bem como a sua apresentação, pretende-se avaliar a capacidade de síntese e análise dos temas e a comunicação oral da informação.*  
*Com as visitas de estudo a realizar-se numa instituição oncológica que detém as três valências da radioterapia, medicina nuclear e radiologia, pretende-se que o aluno possa observar a aplicação dos conhecimentos adquiridos na prática clínica.*

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:  
*Theoretical lectures will provide the students with the basic knowledge on radiation protection and safety matters needed for the safe use of ionizing radiation in clinical environment.*  
*Theoretical-practical sessions will allow students to apply the knowledge acquired in shielding calculations for specific facilities of external radiotherapy, brachytherapy, nuclear medicine and radiology. Students will develop critical-thinking and scientific rigor by solving specific problems issued in clinical environment.*  
*The individual work on relevant topics for this CU will allow assessing the ability of the student to analyze synthesize and communicate orally the relevant information.*  
*Visits to IPO Coimbra, that is a cancer center with the fields of radiotherapy, nuclear medicine and radiology, will be an opportunity for students to observe the application of knowledge acquired in the clinical practice.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:  
*Fundamentals of Ionizing Radiation Dosimetry, Pedro Andreo, David T. Burns, Alan E. Nahum, Jan Seuntjens, Frank Herbert Attix, Wiley, 2017*

- Herman Cember, Introduction to Health Physics, 4th Ed., McGraw-Hill, Inc., 2009

- *Phys Med Biol.* 2014 Oct 21; 59(20):R303–47
- *Radiation Shielding for Diagnostic Radiology, Second Edition. Editors: D. G. Sutton, C. J. Martin, J. R. Williams, and D. J. Peet. British Institute of Radiology, London, UK, 2012*
- *Communicating radiation risks in paediatric imaging. WHO publication, 2016*
- *Publicações da UNSCEAR (2000, 2013)*
- *Publicações ICRP (78, 84, 103, 105, 135)*
- *Publicações ICRU (51, 74)*
- *Publicações IAEA (BSS 2014, DS453, SRS38, SRS39, SRS40, SSR-6/2012)*
- *Publicações da Comissão Europeia – Radiation Protection Series (97, 99, 100, 159, 160, 162, 178)*
- *Publicações NCRP (147, 151)*
- *IPEM Report 75*
- *AAPM Report 108*
- *Websites IAEA (Radiation Protection Of Patients / Human Health campus)*
- *Legislação nacional sobre radiação ionizante*

#### Mapa IV - Análise de Decisão

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
*Análise de Decisão*

4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Decision Analysis*

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

4.4.1.3. Duração:  
*1 semestre/1 semester*

4.4.1.4. Horas de trabalho:  
*TP: 45 OT: 7,5*

4.4.1.5. Horas de contacto:  
*162*

4.4.1.6. ECTS:  
*6*

4.4.1.7. Observações:  
*<sem resposta>*

4.4.1.7. Observations:  
*<no answer>*

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

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:  
*<sem resposta>*

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):  
*OA1. Conhecer as diferentes etapas de um processo de decisão e a informação a recolher e organizar.*  
*OA2. Enunciar e evitar alguns dos erros mais comuns em processos de decisão, evitando abordagens simplistas e defendendo as vantagens de usar metodologias formais de apoio à decisão.*  
*OA3. Intervir em processos de decisão, seja no papel de quem decide, seja no papel de consultor, através da construção de modelos adequados para lidar com incerteza, para ter em conta diferentes critérios de avaliação e opiniões, e para envolver as diferentes partes interessadas.*  
*OA4. Reconhecer que existem múltiplas metodologias para apoio à decisão, cada uma com vantagens e inconvenientes, sabendo ainda sustentar que há umas mais adequadas do que outras.*  
*Estes resultados de aprendizagem contribuem para desenvolver capacidades genéricas de raciocínio crítico, de análise e de síntese, de resolução de problemas, de interpretação e gestão de informação e de interação em grupo*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
*O1. To know the different stages of a decision process and the information to be gathered and organized.*  
*O2. To enunciate and to avoid common errors in decision making processes, avoiding simplistic approaches and sustaining the advantages of formal decision aiding methodologies.*  
*O3. To take part in decision processes, either as a decision maker or as a consultant, by building appropriate models, to deal with uncertainty, to ponder multiple evaluation criteria and opinions, and to involve the different stakeholders.*  
*O4. To recognize that there exist multiple decision aiding methodologies, each one with its advantages and disadvantages, being able of sustaining that some are more adequate than others.*

*These learning outcomes contribute to develop several generic skills, namely those of critical reasoning, analysis and synthesis, problem solving, information interpretation and management, and group interaction.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Tratam-se três temas recorrentes em processos de decisão: lidar com a existência de incertezas, agregar múltiplos critérios de avaliação e determinar uma preferência coletiva a partir de preferências individuais:*

1. *Introdução ao tema e à unidade curricular*
2. *Avaliação multicritério*
  - 2.1. *Estruturação: atores, ações, pontos de vista, critérios, escalas e problemáticas*
  - 2.2. *Como se decide: alguns métodos simples*
  - 2.3. *Modelo aditivo com funções de utilidade/valor*
  - 2.4. *Métodos ELECTRE*
3. *Decisão em incerteza*
  - 3.1. *Heurísticas e enviesamentos*
  - 3.2. *Regras simples e critério do valor esperado*
  - 3.3. *Árvores de decisão e breve referência a diagramas de influência*
  - 3.4. *Valor esperado da informação*
  - 3.5. *Teoria da utilidade esperada*
4. *Decisão em grupo*
  - 4.1. *Métodos de votação: voto simples, voto múltiplo, voto ordinal*
  - 4.2. *Votações: resultados teóricos*
  - 4.3. *Decisão sem votações.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Three recurring themes in decision processes are addressed: to deal with uncertainty, to aggregate multiple evaluation criteria, and to determine a collective preference form individual preferences:*

1. *Introduction to the course and the theme of decision analysis*
2. *Multicriteria evaluation*
  - 2.1. *Structuring: actors, actions, points of view, criteria, scales and problem types*
  - 2.2. *How decisions are made: a few simple methods*
  - 2.3. *Additive multiattribute value/utility functions*
  - 2.4. *ELECTRE methods*
3. *Decision under uncertainty*
  - 3.1. *Heuristics and biases*
  - 3.2. *Simple decision rules and expected value criterion*
  - 3.3. *Decision trees and influence diagrams*
  - 3.4. *Expected value of information*
  - 3.5. *Expected utility theory*
4. *Group decision*
  - 4.1. *Social choice: simple voting, multiple voting, ordinal voting*
  - 4.2. *Social choice: theoretical results*
  - 4.3. *Decisions without voting.*

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

*A lista de objetivos de aprendizagem visa capacitar os alunos a intervir em processos de decisão como decisores ou consultores, estando em coerência com os conteúdos tratados:*

- *Conhecer as tarefas do processo (OA1), tratado especialmente em 2.1.*
- *Evitar erros comuns e métodos simplistas (OA2), tratado em 3.1, 2.2 e 4.1.*
- *Aplicar metodologias adequadas (OA3), estando dotado de conhecimentos sobre métodos para lidar com as potenciais dificuldades em tomada de decisão: lidar com incertezas (tratado em 3), congregar diferentes critérios de avaliação (tratado em 2) e conciliar diferentes preferências e opiniões nas decisões em grupo (tratado em 4). Em cada um destes temas, apresentam-se vários métodos alternativos, baseados em diferentes princípios, permitindo comparar as vantagens e desvantagens de cada um em cada situação, e possibilitando identificar, defender e aplicar os métodos mais apropriados (OA4).*

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

*The list of learning outcomes aims at enabling the students to take part in take decision processes, either as a decision maker or as a consultant, which is coherent with the syllabus:*

- *To learn the tasks in the process (O1), addressed specifically in 2.1.*
- *To avoid common errors and simplistic approaches (O2), addressed specifically in 3.1, 2.2 and 4.1.*
- *To apply appropriate methodologies (O3), being knowledgeable about methods to deal with potential difficulties of decision making: coping with uncertainty (addressed in 3), pondering multiple evaluation criteria (addressed in 2), and reconciling different preferences and opinions in group decisions (addressed in 4). For each of these themes, several alternative methods are presented which are based on different principles, allowing comparing their advantages and disadvantages in each situation, so that the most appropriate methods may be identified, argued for, and applied (O4).*

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

*Ensino em sala de aula:*

- *Exposição dos temas em debate com os estudantes (estudante-estudante e estudante-docente).*
  - *Resolução (pelos estudantes, individualmente ou em pequenos grupos, ou pelo docente) de casos ilustrativos do interesse prático dos temas e de diferentes estratégias de apoio à decisão.*
  - *Role-playing.*
- Na exposição de temas e na resolução de casos enfatiza-se a motivação dos estudantes para o estudo dos temas através de exemplos concretos (notícias de jornal, anúncios de emprego). Quando oportuno, menciona-se investigação em que o docente esteja ou tenha estado envolvido.*

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

*Classroom interaction:*



- *Presentation of the themes promoting debate (student-student and student-teacher).*
- *Solving (by students, individually or in small groups, or by the teacher) of cases that illustrate the practical relevance of the themes and different decision aiding strategies.*
- *Role-playing.*

*The presentation of the themes and the study of cases emphasize the motivation of the students for studying the themes being addressed, by using concrete examples (from newspapers, from employment opportunity ads). When opportune, the related research activities of the teacher are mentioned.*

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

*As metodologias de ensino visam potenciar os resultados de aprendizagem OA1-OA4 e as competências genéricas associadas:*

- *A exposição dos temas em debate com os estudantes permite motivar os temas, apresentar e debater os métodos estudados, estimulando o raciocínio crítico e a interação em grupo;*

- *A resolução de casos e o role-playing contribuem para a motivação dos temas e permitem aos alunos aplicar os seus conhecimentos em contextos realistas, procurando estimular o raciocínio crítico, a capacidade de análise e de síntese, e a interpretação da informação.*

- *A prova escrita visa estimular e aferir capacidades genéricas de raciocínio crítico, de análise e de síntese, de resolução de problemas e de interpretação da informação em ligação com temas estudados.*

- *O trabalho em grupo permite aplicar conhecimentos e desenvolver capacidades de análise e de síntese, bem como de interação em grupo, demonstrando progressos nos resultados OA1-OA3.*

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

*The teaching methodologies aim at fostering the achievement of the learning outcomes O1-O4 and the associated generic skills:*

- *The presentation of the themes promoting debate with and among students allows to motivate the themes, to present the methods to be studied, to stimulate critical thinking and to stimulate group interaction;*

- *Solving illustrative cases and role-playing contribute also to motivate the themes, and allow students to apply their knowledge in realistic settings, seeking to stimulate critical thinking, analysis and synthesis, and information interpretation skills.*

- *The written test seeks to stimulate and assess critical thinking, analysis and synthesis, information interpretation, and problem-solving skills related to the themes studied.*

- *The research assignment for groups allows students to apply and develop analysis and synthesis skills as well as interaction in groups, as well as to demonstrate progress in outcomes O1-O3.*

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

*DIAS, Luis C. — Apontamentos de análise de decisão : como considerar múltiplos critérios. Coimbra : FEUC, 2002. [BP 519.8 DIA]*

*CLEMEN, Robert T. - Making hard decisions : an introduction to decision analysis. 2nd ed. Pacific Grove : Duxbury Press, 1996. [BP 519.8 CLE].*

*GOODWIN, Paul ; WRIGHT, George — Decision analysis for management judgment. Chichester : John Wiley & Sons, 2001. [BP 519.8 GOO]*

*ISHIZAKA, Alessio; NEMERY, Philippe — Multi-Criteria Decision Analysis : Methods and software, Chichester: Wiley, 2013. [BP 519.8 ISH]*

*HWANG, Ching-Lai ; LIN, Ming-Jeng — Group decision making under multiple criteria : methods and applications. Berlin : Springer-Verlag, 1987. [BP 519.8 HWA]*

*NURMI, Hannu — Comparing voting systems. Dordrecht : D. Reidel Publishing Company, 1987. [BP 330.1 NUR]*

### Mapa IV - Aprendizagem Computacional

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Aprendizagem Computacional*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Machine Learning*

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

*INF*

#### 4.4.1.3. Duração:

*1 semestre /1 semester*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T:30 - PL:30 - O:2 = 62*

#### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

#### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

#### 4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

**António Dourado Pereira Correia**

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

<sem resposta>

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

*Estudar as principais técnicas de aprendizagem computacional no contexto da multiplicidade de tipos de dados disponíveis nas aplicações relevantes nomeadamente desenvolvimento e interpretação de árvores de decisão, configuração e treino de redes neuronais artificiais, de lógica difusa, sistemas difusos e neuro-difusos, e configuração e treino de máquinas de vetores de suporte. Desenvolver as competências para conceber sistemas de classificação de grandes conjuntos de dados, de diagnóstico em contextos industriais e médicos, de controlo inteligente, de análise sistémica dos problemas complexos e de avaliação crítica dos resultados.*

*Competências genéricas em análise e síntese, comunicação escrita e oral, conhecimentos de informática relativos ao âmbito do estudo, resolução de problemas, raciocínio crítico, capacidade de decisão, trabalho em grupo, aprendizagem autónoma, aplicação prática de conhecimentos teóricos, criatividade, autocrítica e auto-avaliação, em investigação.*

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

*To study the main techniques of machine learning in the context of the multiplicity of data types available in practical applications. Namely, studies include the techniques such as decision trees, artificial neural networks, fuzzy logic, fuzzy and neuro-fuzzy systems, configuration and training of support vector machines. To develop competencies to design systems for classification of large data sets, for diagnosis in industrial and medical contexts, for intelligent control, for holistic analysis of complex problems and critical evaluation of its results. Additionally, competencies for group working, for scientific and technical oral and written communication are developed. Generic competencies in analysis and synthesis, informatics knowledge relative to the study focus, problem solving, critical thinking, decision capability, autonomous learning, practical application of theoretical knowledge, creativity, self-criticism and self-evaluation, and research.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Cap. 1. Introdução à aprendizagem computacional

Cap. 2. Árvores de decisão

Cap. 3. Redes Neuronais: arquiteturas básicas

Cap. 4. Redes Multicaamada e aprendizagem por retropropagação.

Cap. 5. Redes RBF (Radial Basis Function). Algoritmos de treino.

Cap. 6. Arquiteturas avançadas de redes neuronais: redes recorrentes e aprendizagem em tempo real.

Cap. 7. Lógica difusa e conjuntos difusos. Relações difusas, princípio da extensão de Zadeh.

Cap. 8. Sistemas Difusos baseados em regras, de tipos Mamdani e Sugeno. Aprendizagem de regras difusas: técnicas de clustering.

Cap. 9. Sistemas Neuro-difusos: a arquitetura ANFIS e seu treino. Aplicações.

Cap. 10. Máquinas de Vetores de Suporte.

4.4.5. Syllabus:

Chap.1 Introduction to machine learning

Chap.2 Decision trees

Chap.3 Artificial Neural Networks: basic architectures

Chap.4. Multilayer NN and training by retropropagation

Chap.5. RBF Neural networks. Training algorithms.

Chap.6. Advanced NN architectures. Recursive NN and their learning algorithms

Chap.7. Fuzzy logic, fuzzy sets, fuzzy relations and Zadeh extension principle.

Chap.8. Fuzzy rule based systems of Mamdani and Sugeno types. Learning of fuzzy rules and training fuzzy systems: clustering techniques.

Chap.9. Neuro-fuzzy systems: the ANFIS architecture and its training. Applications.

Chap. 10. Support Vector Machines.

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

*O programa inclui para estudo obrigatório as principais técnicas de aprendizagem de máquinas com maior relevância (árvores de decisão, redes neuronais artificiais, sistemas fuzzy e sistemas neuro-fuzzy, máquinas de suporte de vetores), numa sequência lógica ao longo dos dez capítulos da disciplina.*

*Em cada capítulo, os estudantes serão confrontados com trabalhos práticos e mini-projectos com (sempre que possível) dados reais. Os alunos serão incentivados a entrar em contacto com os mais recentes avanços, por forma a estimulá-los para a pesquisa nesta área ainda em desenvolvimento.*

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

*The syllabus include for mandatory study the main techniques for machine learning with highest relevance (decision trees, artificial neural networks, fuzzy and neuro-fuzzy systems, support vector machines), in a logical sequence along the ten chapters of the course*

*In each chapter students will be faced with practical works and mini-projects with real (as far as possible) data. Students will be incentivated to contact with the latest developments in order to stimulate them for research in this still under development area.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas de exposição e discussão, 2h semanais, com apoio audiovisual e computacional. Demonstrações computacionais do funcionamento das técnicas de aprendizagem estudadas.*

*Aulas práticas, 2h semanais, para o desenvolvimento de mini-projetos sobre os diversos temas da matéria. Os miniprojectos ocupam em média 2,5 aulas práticas e são desenvolvidos em grupos de 2 ou 3 alunos. Alguns dos mini-projetos têm componente de investigação, desafiando-se os alunos a procurarem na literatura recente ideias para a sua realização. Trabalha-se no ambiente Matlab+Simulink+Toolboxes e/ou Weka.*

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

*Theoretical classes , 2h weekly, with audiovisual and computational means. Computational demonstrations studied techniques for machine learning.*

*Practical classes, for the development of mini-projects covering the several themes of the syllabus. Each mini-project occupies in average 2,5 classes and is developed in groups of 2 or 3 students. Some of the mini-projects have a research component, the students are challenged to search on the recent literature ideas for their implementation. The Matlab+Simulink + Toolboxes, and/or Weka are used for computer implementations.*

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

*Os métodos de ensino visam desenvolver competências diversas: teóricas, de resolução crítica de problemas, comportamentais, de comunicação/escrita técnico-científica.*

*As aulas teóricas, o estudo autónomo e as discussões nas aulas práticas para a realização dos mini-projetos desenvolvem a compreensão teórica dos problemas e das metodologias disponíveis para a sua resolução, cultivando o espírito crítico.*

*Os mini-projetos são parcialmente desenvolvidos como trabalho de casa. As aulas são usadas para discussões com o professor e entre grupos. Os alunos desenvolvem as suas capacidades de pensamento autónomo, trabalho colaborativo e de dinâmica de grupos. O acento é posto na análise de dados, formulação dos problemas a análise crítica das soluções.*

*Nos mini-projetos valoriza-se o processo de desenvol. e os resultados, desenvolvendo assim as capacidades de realização prática do engenheiro.*

*A estrutura dos relatórios dos mini-projetos desenvolve as capacidades de comunicação técnico-científica.*

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

*Teaching methods aim to develop several competencies: theoretical, problem critical resolution, social and behavioral, oral and written communication.*

*The theoretical lectures, the autonomous study and the discussions in practical classes for the development of the mini-projects, develop the theoretical understanding of problems and of the available methodologies for their resolution, cultivating the critical mind.*

*Mini-projects are developed also as homework. Classes are used mainly for discussion. Students develop their autonomous thinking, collaborative work and group dynamics. Accent is put on data analysis, problem formulation and critical analysis of solutions to stimulate students to develop their competencies for analysis-synthesis and to face the difficulties to deal with large data sets*

*In the mini-projects the development process and the quality of the results are appreciated.*

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

*Foundations of Machine Learning , Mehryar Mohri, Afshin Rostamizadeh and Ameet Talwalkar MIT Press, 2012*

*Machine Learning, Tom Mitchell, McGraw-Hill, 1999*

*Machine Learning, An Algorithm Perspective, Marsland, Stephen, CRC Press 2008*

*Pattern Recognition and Machine Learning, C.M. Bishop, Springer 2006*

*Neural Network Design, Hagan, Demuth and Beale, PWS Publishing, 1995.*

*Neural Network Toolbox Users' s Guide, The Mathworks, 2018*

*Fundamentals of Artificial Neural Networks, Hassoun. M. H., MIT Press, 1994.*

*Neural and Adaptive Systems, J.C. Principe, N.R. Euliano, W. C. Lefevre, Wiley, 2000*

*Fuzzy Logic With Engineering Applications, 2nd Ed., Timothy Ross, McGraw Hill, 2004.*

*Fuzzy Logic Toolbox Users' s Guide, The Mathworks, 2018.*

*Introduction to Neuro-Fuzzy Systems, Robert Fullér, Springer Verlag 2000.*

*Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Simon Haykin, Prentice Hall, 1999*

*Fuzzy Modelling and Control, Andrzej Piegat, Springer Verlag, 2001.*

**Mapa IV - Bases de dados e análise de informação**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Bases de dados e análise de informação*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Databases and Information Analysis*

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

*INF*

**4.4.1.3. Duração:**

*1 semestre /! semester*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**T:30;PL:40;OT:5**

**4.4.1.6. ECTS:**

**6**

**4.4.1.7. Observações:**

**<sem resposta>**

**4.4.1.7. Observations:**

**<no answer>**

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

**Pedro Nuno San-Bento Furtado**

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

**<sem resposta>**

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

***Esta unidade curricular é em primeiro lugar um curso básico de construção e utilização de bases de dados. As bases de dados são um componente essencial dos sistemas informáticos. Para além dos fundamentos de bases de dados relacionais, incluindo modelo relacional, operações relacionais, linguagem SQL, pretende-se operacionalizar estes conceitos através da análise, concepção e construção prática de bases de dados.***

***Actualmente, o conhecimento é também uma mais valia para as organizações. A capacidade de guardar, gerir e analisar dados para obter conhecimento é essencial. É também objectivo desta unidade curricular a atribuição de competências aos alunos na área de análise da informação. Pretende-se aprender a lidar com qualquer quantidade de dados, organizando e analisando esses dados usando formas de programação.***

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

***This course is primarily a basic course in the construction and use of databases. Databases are an essential component of computer systems. In addition to the fundamentals of relational databases, including relational model, relational operations, SQL language, it is intended to operationalize these concepts through the analysis, design and practical construction of databases.***

***Today, knowledge is also an asset to organizations. The ability to save, manage, and analyze data to gain insight is essential. It is also the objective of this curricular unit to assign competences to students in the area of information analysis. It is intended to learn how to deal with any amount of data by organizing and analyzing this data using forms of programming.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***Bases de Dados***

***-Introdução a bases de dados***

***-Modelo Entidade-relacionamento (ER)***

***-Modelo Relacional (R)***

***-Tradução ER-R***

***-Restrições de integridade***

***-Desenho de base de dados***

***-Linguagem SQL***

***- NoSQL e novos motores de dados***

***- Acesso a dados a partir de linguagens***

***•Análise de dados***

***-Multi-dimensionalidade***

***-Processamento analítico (OLAP) e processamento em SQL***

***-Agregações, estatísticas, gráficos e visualização***

***- Ferramentas computacionais para análise de dados***

***-Utilização de classificação, clustering, regressão e outras formas de mineração***

**4.4.5. Syllabus:**

***\*Databases***

***-Introduction to Databases***

***-Entity-relationship and relational models (ER)***

***-Relational model (R)***

***Traduction ER-R***

***-Integrity restrictions***

***- Designing databases***

***- SQL language***

***- Using and programming over SQL databases***

***- Using and programming over NoSQL databases***

***\* Data analysis***

***-Multi-dimensional data, processing***

***- Summarizing, statistics, aggregations, charts, visualization***

***- Using classification, clustering, regression and other forms of analysis***

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

***"Esta unidade curricular é em primeiro lugar um curso básico de construção e utilização de bases de dados."***

**-Bases de Dados***-Introdução a bases de dados**-Modelo Entidade-relacionamento (ER)**-Modelo Relacional (R)**-Tradução ER-R**-Restrições de integridade**-Desenho de base de dados**-Linguagem SQL**- NoSQL e novos motores de dados**"É também objectivo desta unidade curricular a atribuição de competências aos alunos na área de análise da informação. Pretende-se aprender a lidar com qualquer quantidade de dados, organizando e analisando esses dados usando formas de programação."**- Acesso a dados a partir de linguagens**-Multi-dimensionalidade**-Processamento analítico (OLAP) e processamento em SQL**-Agregações, estatísticas, gráficos e visualização**-Ferramentas computacionais para análise de dados**-Utilização de classificação, clustering, regressão e outras formas de mineração***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***The program content reflects the objectives. As the "Databases and Information Analysis" chair, the objectives described above meet these requirements. In order to demonstrate the coherence between the objectives and the programmatic contents, I then divided the content into two parts, mirroring the main focus in each of the two themes. Note that I do it only for convenience of description, because in reality the themes are closely linked and dependent.***\* Databases***Entity-relationship and relational models**Designing databases**SQL**Using and programming over SQL databases**Using and programming over NoSQL databases***\* Data analysis***Multi-dimensional data, processing**Summarising, statistics, aggregations, charts, visualisation**Using classification, clustering, regression and other forms of analysis.***4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***Exposição de matéria e perguntas na aula teórica**Exploração prática em aulas praticas, utilizando sebenta de SQL e fichas práticas**Projectos e seu acompanhamento***4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):***Exposure of subjects and questions in the theoretical class**Practical exploration in lab classes, using exercises with solutions.**Projects and their accompaniment***4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Enquanto as aulas teóricas apresentam os temas e discutem a teoria, as aulas de laboratório (práticas) utilizam uma sebenta com perguntas que são resolvidas pelo professor na aula pratica, juntamente com os alunos, e utilizam ainda fichas de perguntas que o professor resolve em conjunto com os alunos durante as aulas.**Os exercícios de SQL e de modelação de bases de dados cumprem os objectivos de conhecimentos base de bases de dados, enquanto os restantes exercóios ensinam como analisar dados e como usar bases de dados em geral.**Os projectos têm como objectivo uma aprendizagem mais autónoma, e uma exploração pratica dos assuntos. O professor apoia esse trabalho sempre que preciso.***4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:***While the theoretical classes present the topics and discuss the theory, the laboratory classes use a series of questions that are solved by the teacher together with the students, and also exercises that the teacher solves together with students during class.**SQL and database modeling exercises meet the basic database knowledge objectives, remaining exercises teach how to analyse data and how to use databases in general.**While work in lab classes is supervised, projects allow the students to do some autonomous work and to learn by doing more complete tasks. The teacher is available to help.***4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:***Hector Garcia-Molina, Jeffrey D. Ullman, Jennifer D. Widom, Database Systems: The Complete Book, Prentice Hall, 2001**R. Ramakrishnan, Johannes Gehrke, Database Management Systems, McGraw Hill, 2002**Professor notes on analysing and visualizing data**Python programming manuals**Alex Berson, Stephen J. Smith, Data Warehousing, Data Mining, and OLAP, Computing McGraw-Hill, 1997*

**Mapa IV - Gestão de Sistemas de Informação****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Gestão de Sistemas de Informação***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Information Systems Management***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***INF***4.4.1.3. Duração:***1 semester/1 semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***T:30 - TP:30 - O:2 = 62***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Jorge Silva Cardoso***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Hoje em dia, os Sistemas de Informação (SI) desempenham um papel importante ao apoio dos objetivos estratégicos e operacionais das organizações. Neste contexto, a sua implementação e gestão são de importância capital. Esta unidade curricular explica aos alunos os principais conceitos, princípios e metodologias necessárias para gerir SI em organizações. A unidade também fornece competências necessárias em síntese, comunicação escrita, resolução de problemas, raciocínio crítico e aplicação prática de conhecimento em áreas como governação de IT, governação de Big Data, e metodologias de gestão, tais como o ITIL e o COBIT.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Nowadays, Information Systems (IS) play an important role to support strategic and operational objectives in organizations. In this context, their implementation and management are of capital importance. This course explains to students the main concepts, principles, and methodologies required to manage IS in organizations. It also provides the necessary competencies in synthesis, written communication, problem solving, critical reasoning, and practical application of knowledge in areas such as IT governance, Big Data governance, and standard management frameworks such as ITIL and COBIT.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***. Perspectiva histórica**Evolução dos sistemas de informação; tipos de sistemas de informação; integração de sistemas; gestão de sistemas.**2. Conceitos de governação de TI**Alinhamento estratégico; geração de valor; gestão de riscos; gestão de recursos; medição de desempenho.**3. Sistemas empresariais**Processos empresariais; integração de departamentos verticais; sistemas ERP; casos de estudo.**4. Governação de Big Data**Tipos de dados; ciclo de vida; privacidade; qualidade.**5. Gestão de serviços**Melhores práticas; estratégia de serviços; design de serviços; operação de serviços; transição de serviços; melhoria de serviços; ITIL.**6. Sistemas de serviços**Planos de serviços; arquiteturas de serviços; linguagens de descrição de serviços, redes de serviços.**7. Controlo e monitorização**Interligação da estratégia às operações; processos críticos; principais indicadores de desempenho; COBIT.***4.4.5. Syllabus:***1. Historical perspective**Evolution of information systems; types of information systems; systems integration; system management.*

**2. IT Governance concepts***Strategic alignment; value delivery; risk management; resource management; performance measurement.***3. Enterprise systems***Enterprise processes; vertical integration of departments; ERP systems; use cases.***4. Big Data governance***Data type; Big Data lifecycle; privacy; quality.***5. IT service management***Best practices; service strategy; service design; service operations; service transition; service improvement; ITIL.***6. Service systems***Service blueprints; service architectures; service description languages; service networks.***7. Control and monitoring***Connecting strategy to operations; critical processes; key performance indicators; COBIT.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*1. visão histórica da evolução dos SI motivando a importância da sua gestão ao longo dos anos. Os processos de alinhamento estratégico, gestão de riscos, recursos e desempenho são muitas vezes prioridades numa empresa. 2. centra-se na governação de TI. 3. apresenta e descreve as dificuldades associadas a integração de departamentos verticais usando processos de negócio. Apresentação de casos de estudo para ilustrar os conceitos e explicar de que forma os sistemas ERP ajudam a resolver vários problemas de integração. 4. governação de Big Data descrevendo as preocupações das grandes empresas em relação aos tipos de dados geridos, ciclo de vida adotado, privacidade e qualidade dos dados manipulados. 5/6. mudança de paradigma recente que examina os SI a partir de uma perspetiva orientada a serviços de forma a facilitar a sua gestão. 7. métodos para controlar e garantir que os sistemas e serviços de informação podem ser monitorizados através da medição de indicadores-chave de desempenho.*

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

*1st topic - historical overview of the evolution of IS the importance of management which has gradually increased over the years. Since the processes of strategic alignment, and risk, resources, and performance management are often important priorities for organizations. 2nd topic - governance of information technology. 3rd topic - difficulties associated with the integration of vertical departments using business processes. Case studies are presented to illustrate the concepts and explain how ERP systems help to solve various integration problems. 4th topic - governance of Big Data, concerns of large companies in relation to the types of data managed, the life cycle adopted, and the privacy and quality of data. Topics 5 and 6-recent paradigm shift which looks at information systems from a service-oriented perspective to facilitate management. Topic - methods to control and guarantee that information systems and services can be monitored by measuring key performance indicators.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):****Aulas teóricas***Descrição detalhada dos conceitos, princípios, metodologias e melhores práticas usadas na gestão de sistemas de informação nas organizações. Apresentação e discussão de casos de estudo de forma a ilustrar a importância prática das metodologias.***Aulas teórico-práticas***Resolução de exercícios práticos e exploração de casos de estudo que requerem a combinação e associação de conceitos apresentados nas aulas teóricas. Fomentar o pensamento crítico na presença de problemas de complexidade acrescida.***4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):****theoretical classes***Detailed description of concepts, principles, methodologies and best practices used to manage information systems in organizations. Presentation and discussion of case studies to illustrate the practical importance of methodologies.***Theoretical-practical classes***Resolution of practical exercises and exploration of case studies which require the combination and association of concepts presented in theoretical classes. Fostering of critical thinking in the presence of more intricate problems.***4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conceitos lecionados nas aulas teóricas, e a sua aplicação práticas nas aulas teórico-práticas, fomentam o desenvolvimento de competências na resolução de problemas, raciocínio crítico, análise e síntese no domínio da gestão de sistemas de informação. As metodologias de ensino são consistentes com os objetivos da unidade curricular que resulta do uso de uma metodologia expositiva combinada com a análise de casos de estudos e exercícios práticos que permitem: 1) uma compreensão adequada do programa, 2) a demonstração da relevância da gestão de sistemas de informação nas organizações, e 3) a criação de conhecimento prático no que diz respeito aos processos de gestão.*

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

*The concepts taught in theoretical classes and their practical applications in theoretical-practical classes foster the development of competencies in problem solving, critical reasoning, analysis and synthesis in the field of information systems management. The teaching methodologies are consistent with the objectives of the curricular unit as the expositive methodology combined with the analysis of case studies and practical exercises enable: 1) a proper understanding of the syllabus, 2) a demonstration of the relevance of information systems management in organizations, and 3) the creation of practical knowledge with respect to the processes of management.*

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

- Bret Wagner and Ellen Monk, *Enterprise Resource Planning, Course Technology*; 3 ed., 2008.
- ITIL five volumes: *ITIL Service Strategy, ITIL Service Design, ITIL Service Transition, ITIL Service Operation, ITIL Continual Service Improvement*; Selected chapters on ITIL.
- IT Governance Institute, *Cobit 4.1*, 2007.
- Jorge Cardoso, *Slides on Information Systems Management, DEI-FCTUC*, 2009.

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Informática Clínica e Sistemas de Tele-Saúde***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Clinical Informatics and Tele-Health Systems***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***INF***4.4.1.3. Duração:***1 semestre/ 1 semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***T:30; PL:30; O:2 = 62***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Paulo Fernando Pereira de Carvalho***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Fornecer de uma forma sistemática as tecnologias e os fundamentos para a integração e desenvolvimento de sistemas de informação e de apoio à decisão em aplicações clínicas. Em particular, é objectivo exporem-se os protocolos e abordagens mais significativas em sistemas de informação clínicos, as arquiteturas e tecnologias utilizadas para a construção de sistemas telemédicos (nomeadamente de sistemas pHealth), e ainda algoritmos de análise de informação clínica para apoio ao diagnóstico.**A disciplina contribui para a aquisição das seguintes competências:**Instrumentais:*

- Capacidade de análise e de síntese em problemas complexos;
- Competência de resolução de problemas concretos no âmbito da Informática Médica.

*Pessoais:*

- Trabalho em grupo;
- Raciocínio crítico.

*Sistémicas:*

- Auto-aprendizagem;
- Investigação.

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To provide the students with the main concepts and technologies to build and integrate information and decision support systems for clinical applications. Namely, the goal is to teach the main clinical informatics protocols and approaches for clinical systems, architectures and technologies for telemedical health solutions (namely for pHealth systems) and diagnosis algorithms applicable for clinical decision support.**The course will contribute to the acquisition of the following competences:**Instrumental:*

- Analysis and synthesis of complex problems;
- Problem solving, namely in the area of Medical Informatics.

*Personal:*

- Team work;
- Critical reasoning.

*Systematic:*

- Self-learning
- Research.

**4.4.5. Conteúdos programáticos:***Capítulo I: Informática Médica**Conceitos básicos em Informática Médica**Sistemas de Informação Hospitalar**Capítulo II: Sistemas Hospitalares*



**Normas para a representação e transmissão de informação clínica (ICD9/10, SNOMED, SIPE);  
Registos clínicos (openEHR, CEN 13606, HL7 CDA)  
HL7 (v2.3 e v3)  
Standard DICOM  
Capítulo III: Sistemas Telemédicos  
Serviços e tecnologias de suporte à tele-medicina  
Normas para tele-medicina (IEEE 11073 PhD e BSM; H323, H26x, RTP, redes de sensores)  
Middlewares  
Capítulo IV: Algoritmos de Diagnóstico e de Apoio à Decisão  
Algoritmos de análise de informação clínica (séries temporais e de imagem) para sistemas de suporte à decisão.**

**4.4.5. Syllabus:**

**Chapter I: Medical Informatics  
Basic concepts in Medical Informatics  
Hospital Information Systems  
Chapter II: Hospital Systems  
Standards for clinical information representation and transmission (ICD9/10, SNOMED, SIPE);  
Electronic Patient Record (CEN 13606, openEHR, HL/ CDA)  
HL7 (v2.3 e v3),  
Standard DICOM  
Chapter III: Tele-medical Systems  
Services and technologies for telemedicine  
Telemedicine norms (IEEE 11073 PhD e BSM; H323, H26x, RTP/RTCP/SIP, Sensor networks)  
Middlewares  
Chapter IV: Algorithms for Diagnosis and Decision Support  
Clinical information analysis algorithms for Clinical Decision Support**

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

**Os capítulos 1 a 3 debruçam-se no essencial sobre tecnologias para a construção e interligação de infraestruturas informáticas na área clínica, seja para a colheita seja para a organização e transmissão de dados clínicos. O último capítulo é relativo ao tratamento da informação coligida em ambientes clínicos com vista à definição de sistemas de apoio à decisão clínica, seja em ambiente hospitalar, seja em contextos de gestão remota de saúde.  
Em particular, no capítulo 1 introduzem-se conceitos básicos sobre a aplicação da informática nas sistemas clínicos, dando uma perspectiva geral sobre sistemas de informação na área hospitalar e da organização do sistema de saúde. No capítulo 2 introduzem-se as tecnologias e os conceitos necessários à construção/integração de sistemas informáticos para gestão de unidades de saúde. No capítulo 3 descreem-se as normas e arquiteturas para construção de sistemas telemédicos. O capítulo IV tem como objectivo introduzir algoritmos de processamento de s**

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

**Chapters 1 through 3 are devoted to introducing the international standards for building and integrating information systems for clinical data collection and management in hospital as well as homecare contexts. The last chapter is devoted to algorithms for clinical data processing in order to build decision support systems for clinical applications, both in hospital as well as homecare contexts.  
Namely, in chapter 1 basic concepts on clinical information systems, their organization in Portugal as well as health provision system organization is provided.  
In chapter 2 the main international standards for building hospital information systems are introduced, whereas in chapter 3, international standards and technologies as well as the most common architectures for developing telecare systems are introduced.  
Finally, chapter's IV goal is to introduce algorithms for signal processing and pattern recognition for data preparation (e.g. image reconstruction and co-registration), disease dia**

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

**Aulas teóricas com exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais.  
Aulas teóricas (2 horas semana)  
Exposição dos conceitos, princípios e técnicas fundamentais realconadas como disciplina.  
Exemplos que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais  
Aulas práticas (2 horas semana)  
Propostas de problemas práticos relacionados com os assuntos leccionados na teórica, análise e respectiva implementação  
avaliação consiste ainda em exame final. O exame tem mínimos de 47.5%.**

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

**Presentation of the concepts, principles and fundamental techniques.  
Examples of real situations to illustrate the practical interest of the techniques and its application to real cases.  
Practical classes (2 hours per week)  
Practical problems addressing the theoretical concepts, analysis and implementation**

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

**Nesta disciplina o método de ensino fomenta o envolvimento do aluno desde o início da disciplina, procurando uma aprendizagem de conhecimentos e competências continua. É com este objectivo que são propostos trabalhos práticos que abordam aspectos centrais dos conceitos leccionados. Para além dos conhecimentos e competências técnicas a metodologia adoptada pretende induzir o desenvolvimento de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.  
Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática que se**

*procura que os alunos resolvam nas aulas práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, capacidade de abstracção e generalização, em raciocínio matemático e crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. Estas últimas competências são ainda reforçadas pelos trabalhos prático*

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

*The teaching approach stimulates continuous student involvement in order to achieve a continuous learning and acquisition of knowledge and competences. It is with this goal in mind that students have to perform regular homework assignments, usually motivated by discussions or doubts raised in theoretical classes, as well as to solve problems. The adopted teaching strategy intends to foster the acquisition of some generic instrumental personal and systematic competences. With the knowledge and comprehension of the topics taught in the theoretical classes and the exercises developed in the theoretical-practical classes, conditions are raised to develop competences in problem solving, capacity of abstraction and generalization, in mathematical and critical reasoning, practical application of the theoretical knowledge acquired, and, at an advanced level, analysis and synthesis. The latter competences are further developed through the practical programming assignments .*

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

*Henriques and P. Carvalho (2010) Slides de Informática Médica, DEI-FCTUC.*

*Bas Revet, DICOM Cook Book for Implementation in Modalities: Chapter 1 and 2, Philips Medical Systems, 1997.*

*Norma: ftp://medical.nema.org/medical/Dicom/*

*U. Engelmann, H. Muensch, A. Schroeter, H. Meinzer, The last 10 years of evolution in teleradiology: an overview of concepts and approaches of CHILI, Int. J., CARS (2007) 2 (Suppl. 1)S 315-316.*

*L. Schmitt, T. Falck, F. Wartena, D. Simons, Novel ISO/IEEE 11073 Standards for Personal Telehealth Systems Interoperability, 2007 Joint Workshop on High Confidence Medical Devices, Software, and Systems and Medical Plug-and-Play Interoperability, pp. 146-148, 2007.*

*M. Clarke, Developing a Standard for Personal Health Devices based on 11073, eHealth Beyond the Horizon-Get IT there, IOS PRESS, pp. 717-722, 2008.*

**Mapa IV - Instrumentação Optoelectrónica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Instrumentação Optoelectrónica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Optoelectronic Instrumentation*

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

*ENG*

**4.4.1.3. Duração:**

*1 semestre/1 semester*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP:30; PL:30*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*António Miguel Lino Santos Morgado*

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

*<sem resposta>*

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

*No final das aulas, os estudantes deverão:*

*Conhecer os princípios físicos e características técnicas dos lasers e dos detectores de luz disponíveis no mercado. Interpretar correctamente as folhas de especificações produzidas pelos fabricantes de lasers e detectores de luz. Saber avaliar a irradiância da imagem de uma cena e calcular a relação sinal-ruído na detecção de uma imagem ou de um sinal óptico. Saber calcular a exposição máxima admissível (ocular e na pele) e a distância mínima de dano ocular em condições de observação auxiliada e não-auxiliada, para radiação laser, de acordo com a norma IEC/EN 60825.1. Saber especificar óculos de protecção contra*

**radiação laser de acordo com a norma IEC/EN 60825.1. Conhecer as propriedades ópticas dos diversos tecidos biológicos. Conhecer os mecanismos de interacção da luz com os tecidos biológicos. Conhecer as principais aplicações médicas dos lasers e das fibras ópticas.**

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

**At the end of this curricular unit, students must:**

**Know the physical principles and technical features of lasers and light detectors available in the market. Interpret correctly the data sheets produced by manufacturers of lasers and light detectors. Know how to evaluate the irradiance of a scene image and calculate the signal-to-noise ratio of a detected image or optical signal. Know how to calculate the maximum permissible exposure (ocular and skin) and the nominal ocular hazard distance for non-aided and aided observation, for laser radiation, in accordance with the IEC/EN 60825.1 Standard. Know how to specify protection goggles against laser radiation in accordance with the IEC/EN 60825.1 Standard. Know the optical properties of most biological tissues. Know the interaction mechanisms between light and biological tissues. Know the main medical applications of lasers and optical fibres.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1-Noções básicas de radiometria e fotometria**  
**Unidades radiométricas**  
**Equação fundamental da radiometria**  
**Lei de Lambert**  
**Formação de imagem**  
**Unidades fotométricas**  
**Conversão entre unidades radiométricas e fotométricas**  
**2-Detectores**  
**Fotodíodos**  
**PMTs e intensificadores de imagem**  
**APDs**  
**CCDs**  
**3-Componentes ópticos**  
**Fontes**  
**Elementos dispersivos**  
**Filtros**  
**Polarizadores**  
**4-Lasers**  
**Princípios físicos**  
**Emissão estimulada**  
**Inversão de população**  
**Condições de bombagem**  
**Mode locking**  
**Q-switching**  
**5-Propriedades ópticas dos tecidos biológicos**  
**Absorção**  
**Scattering**  
**Propagação da luz nos tecidos biológicos**  
**Mecanismos de interacção do laser com tecidos biológicos**  
**6-Utilização segura de lasers: Norma IEC/EN 60825.1**  
**Exposições máximas admissíveis**  
**Classes de lasers**  
**Óculos de protecção**  
**7-Lasers em medicina**  
**Lasers médicos**  
**Microscopia confocal**  
**OCT**  
**Ablação, coagulação, corte e soldadura de tecidos**  
**Terapia Laser de baixa potência**  
**Terapia fotodinâmica**  
**8-Fibras ópticas**  
**Princípios e Tecnologia**  
**Endoscópios**  
**Fibroscópios**

**4.4.5. Syllabus:**

**1-Basic notions of radiometry and photometry**  
**Radiometric units**  
**Fundamental equation of radiometry**  
**Lambert's Law**  
**Image formation: irradiance**  
**Photometric units**  
**Conversion between radiometric and photometric units**  
**2-Detectors**  
**Photodiodes**  
**Photomultipliers and image intensifiers**  
**APDs**  
**CCDs**  
**3-Optic Components**  
**Light Sources**  
**Dispersive Elements**  
**Filters**  
**Polarizers**

**4-Lasers**  
**Physical Principles**  
**Stimulated emission**  
**Population inversion**  
**Pump conditions**  
**Mode locking**  
**Q-switching**  
**5-Optical Properties of biological tissues**  
**Absorption**  
**Scattering**  
**Light propagation in biological tissues**  
**Laser-tissue interaction mechanisms**  
**6-Safe use of lasers: IEC/EN 60825.1 Standard**  
**Maximum permissible exposures for eye and skin**  
**Lasers classification**  
**Eyewear protection and barriers**  
**7-Lasers in medicine**  
**Main medical lasers**  
**Confocal Microscopy**  
**OCT**  
**Tissue ablation, coagulation, cut and welding**  
**Low level laser therapy**  
**Photodynamic therapy**  
**8-Optical fibers**  
**Principles and technology**  
**Endoscopes**  
**Fiberscopes**

- 4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Nesta unidade curricular de especialização, os objectivos estão bem definidos e correspondem a competências técnicas e científicas bem identificadas. O programa da unidade curricular aborda todos os tópicos necessários a que os estudantes adquiram tais competências, sendo fácil a identificação da correspondência directa entre estes tópicos e aquelas competências.*
- 4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*In this curricular unit, the objectives are well defined and correspond to well identified technical and scientific skills. The program syllabus covers all the topics necessary to acquire such skills, being easy the identification of the direct correspondence between those topics and these skills.*
- 4.4.7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Apresentação dos temas com recurso a exemplos e aplicações na área da engenharia biomédica. Trabalhos laboratoriais e demonstrações experimentais Resolução em grupo, com orientação, de problemas de engenharia que envolvam a aplicação conjunta de conceitos dos diferentes capítulos do programa e o recurso intensivo a folhas de especificações de equipamentos e componentes. Assistência obrigatória a seminários relativos a temas do programa. Discussão de artigos científicos relativos a temas do programa da disciplina. Pequeno projecto de instrumentação com apresentação oral. Exame com consulta.*
- 4.4.7. **Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*The syllabus themes are presented using examples and applications in the field of biomedical engineering. Laboratory classes and experimental demonstrations. Solving (in group and with supervision) engineering problems requiring the joint application of concepts from different syllabus chapters and intensive use of equipment and components data sheets. Mandatory presence in seminars addressing syllabus themes. Discussion of scientific papers related to syllabus topics. Small instrumentation project with public oral presentation. Open book exams.*
- 4.4.8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A realização de trabalhos laboratoriais e demonstrações experimentais bem como a resolução em grupo de problemas de engenharia com recurso intensivo a folhas de especificações de equipamentos e componentes permite atingir os objectivos da unidade curricular que correspondem a competências técnicas e científicas bem identificadas que o aluno deve adquirir de forma a ser capaz de especificar e projectar instrumentação optoelectrónica. O ensino centrado nos princípios de funcionamento da instrumentação e na análise das folhas de dados dos fabricantes permite que os alunos aprendam a especificar instrumentação electrónica. A resolução de problemas, a assistência a seminários, a discussão de artigos científicos e o projecto de instrumentação reforçam a competência de projecto que a disciplina pretende conferir.*
- 4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The laboratory works and experimental demonstrations as well as the resolution of engineering problems with intensive use of equipment and components data sheets allows to achieve the curricular unit goals that correspond to well identified technical and scientific skills that the student must acquire in order to be able to specify and design optoelectronic instrumentation. Teaching centered on the instrumentation operating principles and in the analysis of manufacturers' data sheets enables students to learn how to specify optoelectronic instrumentation. Problem-solving, assistance to seminars, discussion of scientific articles and the instrumentation project reinforce the design skill that the curricular unit seeks to confer.*
- 4.4.9. **Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Lasers and Optical Fibers in Medicine - Abraham Katzir Academic Press, 1993*  
*A System Engineering Approach to Imaging - Norman S. Kopeika SPIE-International Society for Optical Engine, 1998*  
*Boulois J.L. Photophysical processes in recent medical laser developments: a review. Lasers Med Sci 1986, 1:47-66*  
*Handbook of Optical Biomedical Diagnostics Valery Tuchin Ed. SPIE Press, 2002 Tissue Optics Valery Tuchin SPIE Tutorial Texts in Optical Engineering, 2000 Biomedical Photonics Handbook, Tuan Vo-Dinh, CRC, 2003*

*IEC 60825-1 Safety of laser products Part 1: Equipment classification. requirements and users guide, IEC, 2001*  
*Handbook of fiber optics : theory and applications, Chai Yeh, Academic, 1990 artigos de revistas científicas/scientific papers*

#### Mapa IV - Modelação e Análise de Sistemas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
**Modelação e Análise de Sistemas**

4.4.1.1. Title of curricular unit:  
**System Modelling and Analysis**

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

4.4.1.3. Duração:  
**1 semestre/1 semester**

4.4.1.4. Horas de trabalho:  
**162**

4.4.1.5. Horas de contacto:  
**T:30 - PL:30 - O:2 = 62**

4.4.1.6. ECTS:  
**6**

4.4.1.7. Observações:  
**<sem resposta>**

4.4.1.7. Observations:  
**<no answer>**

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):  
**Álvaro Manuel Reis da Rocha**

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:  
**<sem resposta>**

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):  
*A resolução de problemas reais passa cada vez mais pelo recurso a abstrações matemáticas que, uma vez trabalhadas, permitem chegar a resultados que podem ser transpostos de volta para a realidade. Esta disciplina foca-se em modelos para a análise de sistemas, com ênfase em problemas de otimização e sistemas de eventos discretos, com aplicações às quatro opções temáticas do curso. Pretende-se que os estudantes venham a ser capazes de:*

- 1) formular problemas de otimização, categorizando-os em função das suas características e formalizando-os de modo a poderem ser resolvidos pelos métodos mais adequados.
- 2) modelar e analisar sistemas simples de tráfego, de produção, computacionais (hardware e software) e de comunicação enquanto sistemas de eventos discretos.

*Os estudantes deverão ainda desenvolver competências em análise e síntese, resolução de problemas, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma, e a capacidade de aplicar o conhecimento teórico adquirido a situações práticas concreta*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
*Real-world problem solving is increasingly based on mathematical abstractions which, through suitable manipulation, lead to results which can be translated back to the real world. This course unit focuses on models for system analysis, with emphasis on optimisation models and discrete event systems, and with application to the four main areas of the programme. Students should become able to:*

- 1) formulate optimisation problems, placing them into appropriate categories based on their characteristics, and formalising them so as to allow them to be solved by the most appropriate methods.
- 2) model and analyse simple traffic, manufacturing, computer (hardware and software) and communication systems as discrete event systems.

*In addition, students should develop skills in analysis and synthesis, problem solving, critical reasoning and self-learning, as well as the ability to apply the theoretical knowledge acquired to concrete practical settings.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

**Parte I – Modelos de Otimização**

1. Programação não-linear: conceitos e resultados gerais para os casos com e sem restrições.
2. Programação linear: formalização; dualidade; aplicações.
3. Programação linear inteira: unimodularidade; planos de corte; aplicações.
4. Programação dinâmica: conceitos; princípio de otimalidade de Bellman; aplicações.

**Parte II – Sistemas de Eventos Discretos (DES)**

5. **Sistemas e modelos: conceitos; tipos de sistemas; DES e exemplos de aplicação.**
6. **Autómatos finitos: modelação de DES como linguagens; análise de DES modelados por autómatos.**
7. **Redes de Petri: definição; comparação com autómatos; análise de redes de Petri.**
8. **Modelos temporizados e híbridos: autómatos e redes de Petri temporizados; álgebras de dióides; modelos híbridos.**
9. **Autómatos temporizados estocásticos**
10. **Cadeias de Markov: tempo discreto e tempo contínuo.**
11. **Introdução à teoria das filas de espera.**

#### 4.4.5. Syllabus:

##### **Part I – Optimisation Models**

1. **Non-linear programming: concepts and general results for the unconstrained and constrained cases.**
2. **Linear programming: formalisation; duality; applications.**
3. **Integer linear programming: unimodularity; cut planes; applications.**
4. **Dynamic programming: concepts; Bellman's principle of optimality; applications.**

##### **Part II – Discrete Event Systems (DES)**

5. **Systems and models: concepts; types of systems; DES and application examples.**
6. **Finite-state automata: Language models of DES; analysis of DES based on finite-state automata.**
7. **Petri nets: definition; comparison with automata; analysis of Petri nets.**
8. **Timed and hybrid models: timed automata and timed Petri nets; dioid algebras; hybrid models.**
9. **Stochastic timed automata.**
10. **Markov chains: discrete-time and continuous-time Markov chains.**
11. **Introduction to queueing theory.**

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

*A vasta maioria dos sistemas tecnológicos atuais assentam, em certa medida, na ocorrência de eventos discretos cujo processamento pode desencadear a ocorrência de novos eventos, dando origem a comportamentos dinâmicos potencialmente muito complexos. Se, por um lado, a compreensão da dinâmica desses sistemas de eventos discretos exige o recurso a abstrações e ferramentas de análise adequadas, essa compreensão também motiva o recurso a métodos de otimização com vista à melhoria do seu desempenho. No entanto, também a resolução eficiente de problemas de otimização depende do modo como estes são formulados, sendo necessário recorrer a abstrações que evidenciem as propriedades do problema favoráveis à sua resolução. Numa perspetiva de complexidade crescente, a unidade curricular cobre primeiro os principais modelos de otimização e respetivas técnicas de resolução e, de seguida, a análise de sistemas de eventos discretos (determinísticos, temporizados e estocásticos).*

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

*Most technological systems today are based, to some extent, on the occurrence of discrete events. The processing of such events may then trigger the occurrence of new events, giving rise to potentially very complex dynamic behaviours. If understanding the dynamics of discrete event systems requires the use of suitable abstractions and analysis tools, this understanding also motivates the use of optimisation methods to improve their performance. However, also the efficiency with which optimisation problems may be solved depends strongly on how they are formulated, and suitable abstractions are needed in order to expose the favourable properties of the problem that allow it to be solved. In a perspective of increasing complexity, the course covers the main optimisation models and corresponding solving techniques first, and then the modelling and analysis of discrete event systems (deterministic, timed and stochastic).*

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

*O ensino está organizado em duas componentes complementares, teórica e prática. As aulas teóricas (T) destinam-se sobretudo à exposição da matéria pelo docente e ao esclarecimento de dúvidas de interesse geral para a turma. As aulas práticas (PL) servem para consolidar os conceitos apresentados nas aulas T, através da realização de exercícios de modelação e análise, quer no papel, quer no computador, com o auxílio de software de modelação adequado. É ainda proposto um conjunto de trabalhos práticos (avaliados) envolvendo a modelação e análise de sistemas realistas simplificados.*

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

*Teaching is organised as two complementary components, theory and practice.. Lectures (T) are mainly of an expository nature, but are also used to answer questions of general interest to the class. Practical (PL) sessions serve to consolidate the concepts presented in the lectures through modelling and analysis exercises, both on paper and on the computer, using suitable modelling software. A number of (assessed) problem-solving assignments involving the modelling and analysis of simplified, but realistic, systems.*

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

*Sendo objetivo da unidade curricular levar os estudantes a desenvolver as competências de abstração necessárias à modelação e análise de sistemas de eventos discretos e à formulação e resolução de problemas de otimização, os métodos de ensino adotados visam permitir, por um lado, a transmissão de todo um corpo de conhecimento teórico e, por outro, a exercitação desse conhecimento e a sua aplicação a novas situações. Os trabalhos práticos devem ainda contribuir para motivar os estudantes para o aprofundamento dos conteúdos teóricos.*

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

*ince the course aims to lead students to develop the abstraction skills needed in discrete-event system modelling and analysis, as well as in optimisation problem formulation and solving, the teaching methods adopted are intended to allow, on the one hand, a whole body of theoretical knowledge to be conveyed and, secondly, the exercising of this knowledge and its application to new situations. The problem-solving assignments should also help to motivate students to the in-depth study of the theoretical content.*

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

*George L. Nemhauser and Laurence A. Wolsey, **Integer and Combinatorial Optimization**, Wiley, 1999 .  
Christos H. Papadimitriou and Kenneth Steiglitz, **Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity**, Dover Publications,*

1998.

*Mordecai Avriel, Nonlinear Programming: Analysis and Methods, Dover Publications, 2003.**Christos G. Cassandras and Stéphane Lafortune, Introduction to Discrete Event Systems, Springer, 2007.**Branislav Hruz and MengChu Zhou, Modeling and Control of Discrete-event Dynamic Systems: with Petri Nets and Other Tools, Springer, 2007.***Mapa IV - Otimização Numérica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Otimização Numérica***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Numerical Optimization***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***MAT***4.4.1.3. Duração:***1 semestre/ 1 Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***162***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP: 56***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:**

*Há duas modalidades de avaliação: avaliação ao longo do semestre e avaliação por exame final. A avaliação ao longo do semestre pressupõe a realização de duas frequências (com um peso total de 50-75%) e a resolução de um conjunto de exercícios matemáticos ou execução de simples tarefas numéricas (com um peso de 50-25%) entregues individualmente com uma periodicidade de 2 a 3 semanas. A avaliação por exame final inclui a realização de um exame com um peso de 100%.*

**4.4.1.7. Observations:**

*There are two types of grading: during the semester or by final exam. During the semester there are two mid-term exams (50-75% of the final grade) and a set of homework assignments (50-25% of the final grade) given every two or three other weeks and handed in individually. The exercises in the homework assignments are mathematical problems or short numerical tasks. The final exam option consists of a single exam (100% of the final grade).*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***José Luís Esteves dos Santos***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O objetivo principal é conhecer os principais métodos numéricos de otimização não linear (sem e com restrições), a sua motivação, as suas características numéricas e as suas propriedades de convergência. Pretende-se, igualmente, estudar a teoria da otimização com restrições e a correspondente teoria da dualidade.*

*Esta unidade curricular permite desenvolver as seguintes competências instrumentais: conhecimento de resultados matemáticos; capacidade de generalização e abstração; argumentação lógica; competência em utilizar ferramentas computacionais. A nível pessoal permite também desenvolver capacidades de aprendizagem autónoma e de espírito crítico..*

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

*The main goal is teaching the main numerical methods for unconstrained and constrained non-linear optimization, their motivation, their numerical features and their convergence properties. One also aims at studying the theory of constrained optimization and the corresponding duality theory.*

*The course aims at developing the following skills: knowledge of mathematical results; ability to generalize and abstract; logic thinking; competence in using computational tools. On the personal level it also allows to develop self-learning skills and independent thinking.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*(1) Numerical methods for unconstrained non-linear optimization (direct-search methods, line-search methods, steepest descent method, modified Newton's method, trust-region methods, global and global-local properties of the several methods).*

*(2) Theory of constrained non-linear optimization (constraint qualifications; necessary and sufficient conditions; duality theory). The particular cases of linear and quadratic programming.*

*(3) Numerical methods for constrained non-linear optimization (quadratic penalty method; augmented Lagrangian method;*

*sequential quadratic programming method and merit functions; interior point method).*

#### 4.4.5. Syllabus:

- (1) Numerical methods for unconstrained non-linear optimization (direct-search methods, line-search methods, steepest descent method, modified Newton's method, trust-region methods, global and global-local properties of the several methods).*
- (2) Theory of constrained non-linear optimization (constraint qualifications; necessary and sufficient conditions; duality theory). The particular cases of linear and quadratic programming.*
- (3) Numerical methods for constrained non-linear optimization (quadratic penalty method; augmented Lagrangian method; sequential quadratic programming method and merit functions; interior point method).*

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

*O programa reflete o padrão internacional de uma disciplina de otimização não linear. Estudam-se, primeiro, os métodos numéricos para otimização não linear sem restrições, com ênfase nas suas propriedades de convergência (global e global-local). A seguir explica-se a teoria da otimização não linear com restrições. Por fim, com base nas duas partes anteriores, faz-se uma breve introdução aos métodos numéricos para otimização não linear com restrições.*

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

*The syllabus follows the international standard for a course on non-linear optimization. First, one studies numerical methods for unconstrained non-linear optimization, focusing on their convergence properties (global and global-local). Then, one explains the theory of constrained non-linear optimization. Lastly, based on the first two parts, one makes a brief introduction to numerical methods for constrained non-linear optimization.*

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

*As aulas são de natureza essencialmente expositiva e incluem exemplos ou exercícios que permitem aplicar os conhecimentos adquiridos (ou seja, são de tipo teórico-prático).*

*Há duas modalidades de avaliação: avaliação ao longo do semestre e avaliação por exame final. A avaliação ao longo do semestre pressupõe a realização de duas frequências (com um peso total de 50-75%) e a resolução de um conjunto de exercícios matemáticos ou execução de simples tarefas numéricas (com um peso de 50-25%) entregues individualmente com uma periodicidade de 2 a 3 semanas. A avaliação por exame final inclui a realização de um exame com um peso de 100%. Ao longo do semestre é disponibilizado aos alunos apoio à resolução dos exercícios e preparação para frequências e exames.*

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

*The classes are essentially of expository style and include examples and exercises to apply the material being taught.*

*There are two types of grading: during the semester or by final exam. During the semester there are two mid-term exams (50-75% of the final grade) and a set of homework assignments (50-25% of the final grade) given every two or three other weeks and handed in individually. The exercises in the homework assignments are mathematical problems or short numerical tasks. The final exam option consists of a single exam (100% of the final grade).*

*Extensive tutorial time is offered to the students to support the solution of the homework assignments and preparation for the various exams.*

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

*As aulas teórico-práticas permitem expor, discutir e exemplificar os métodos numéricos para otimização não linear. As metodologias apresentadas nas aulas teórico-práticas são aplicadas pelos alunos nos trabalhos para casa, permitindo-lhes uma melhor compreensão dos métodos, das suas propriedades de convergência e das suas características numéricas.*

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

*Classes allow the introduction, the discussion and the illustration of numerical methods for non-linear optimization. The methodologies taught in class are then applied by the students in their homework assignments, leading them to a better understanding of the methods, their convergence properties and their numerical features.*

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

*J. Nocedal, S.J. Wright, Numerical Optimization, segunda edição, Springer, 2006.*

*A.R. Conn, K. Scheinberg, L.N. Vicente, Introduction to Derivative-Free Optimization, MPS-SIAM Book Series on Optimization, SIAM, 2009.*

*J.E. Dennis, R.B. Schnabel, Numerical methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations, SIAM, 1996.*

*I. Griva, S.G. Nash, A. Sofer, Linear and Nonlinear Optimization, segunda edição, SIAM, 2009.*

### Mapa IV - Planeamento e Avaliação da Qualidade

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Planeamento e Avaliação da Qualidade*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Quality Planning and Assessment*

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

*EG*

#### 4.4.1.3. Duração:

*1 semestre/ 1 semester*



4.4.1.4. Horas de trabalho:  
162

4.4.1.5. Horas de contacto:  
TP: 45, OT: 10

4.4.1.6. ECTS:  
6

4.4.1.7. Observações:  
<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:  
<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):  
Patricia Helena Ferreira Lopes de Moura e Sá

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:  
<sem resposta>

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

*A unidade curricular visa:*

- *Desenvolver nos estudantes a noção de que a Excelência Organizacional depende da implementação de princípios da Qualidade, da definição de objetivos alinhados com as necessidades das várias partes interessadas e da identificação de métricas e indicadores que permitam avaliar o caminho percorrido, monitorizar o desempenho alcançado e identificar oportunidades de melhoria.*
- *Dotar os estudantes dos conhecimentos necessários para que consigam levar à prática o princípio de que a Qualidade começa no desenho/conceção através da aplicação de metodologias e técnicas de planeamento da qualidade.*
- *Conferir aos estudantes capacidades para que concebam e implementem processos de autoavaliação organizacional.*

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

*The unit aims*

- *To make students understand that achieving Organisational Excellence depends on the implementation of quality principles, on the definition of goals and targets aligned with the needs and expectations of the various stakeholders and on the identification of quality metrics and indicators that make it possible to monitor performance and to identify improvement opportunities.*
- *To give students the necessary skills for them to put into practice the idea that Quality starts when designing the products, services and processes through the implementation of quality planning methodologies and tools.*
- *To provide the students with the necessary skills to conceive and carry out self-assessment exercises.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Numa perspetiva de melhoria sustentada da performance organizacional, o planeamento e a avaliação da Qualidade são essenciais. Nesta u.c. são analisadas metodologias e ferramentas para a conceção de produtos, serviços e processos. Adicionalmente, são apresentados os princípios que sustentam modelos adequados de avaliação da qualidade, capazes de identificar pontos fortes e áreas de melhoria e de conferir confiança às partes interessadas.*

*São abordados os seguintes temas:*

- 1) *Fundamentos da Excelência Organizacional. Componentes hard e soft da Qualidade.*
- 2) *Planeamento da Qualidade. Metodologias e ferramentas para a conceção de novos produtos, serviços e processos.*
- 3) *Sistemas de medição de desempenho. Métricas e indicadores da Qualidade. Os Custos da Qualidade.*
- 4) *Referenciais para avaliação da Qualidade Organizacional. Modelos de excelência e autoavaliação.*
- 5) *Regulação, Acreditação e Qualidade: o contexto dos Serviços de Interesse Geral.*
- 6) *Qualidade e Inovação. Casos de sucesso.*

4.4.5. Syllabus:

*In order to improve organisational performance over time in sustainable way, quality planning and quality assessment are essential. In this c.u., quality planning methodologies and tools, which can be applied when designing new product, services or processes, are analysed. Furthermore, the foundations of quality models used to assess organisational performance are presented. Such models, besides identifying strengths and improvement opportunities, are expected to enhance stakeholders' confidence and trust.*

*Topics:*

*Fundamentals of Excellence. Hard and soft components of Quality Management.  
Quality planning methodologies and tools. Designing new products, services and processes.  
Performance measurement systems. Quality metrics and indicators. Quality costs.  
Frameworks for assessing organisational performance. Excellence models. Self-assessment processes.  
Regulation, accreditation and quality: the Services of General Interest context  
Quality and innovation. Successful cases and CSFs.*

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

*A u.c. privilegia as dimensões de planeamento e avaliação da Qualidade enquanto condições essenciais para a Excelência Organizacional. Com o intuito de conferir capacidades de conceber e acompanhar processos de planeamento e de conceção de novos produtos e processos, são apresentadas diversas ferramentas e metodologias, discutindo-se exemplos da sua aplicação em contextos reais. Os modelos de avaliação organizacionais são apresentados e é trabalhada a forma como esses referenciais*

*podem ser usados no diagnóstico organizacional. Discutem-se os princípios e requisitos dos sistemas de avaliação da qualidade organizacional para que os estudantes sejam capazes de conceber processos de autoavaliação organizacional. É dada particular atenção ao contexto dos Serviços de Interesse Geral, e em especial aos Serviços Públicos, pela centralidade que os processos de avaliação e garantia da Qualidade têm nos mecanismos de regulação e prestação de contas.*

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

*The course unit gives particular emphasis to quality planning and quality assessment, regarded as essential to achieve Organisational Excellence. With the aim of developing students' abilities to design and monitor improvement projects, different quality tools and methodologies are presented and examples are given of their implementation in real organizational contexts. Performance assessment models are introduced and some case studies analysed on how to use them to carry out self-assessment exercises. Excellence models that incorporate the feedback of multiple stakeholders are studied to make students aware of the importance of taking into account their needs and expectations when measuring quality and performance. Special attention is given to Services of General Interest, and to public services in particular, given the importance that quality assurance and quality assessment processes have within the context of regulatory and accountability mechanisms.*

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

*Combinação de metodologias expositivas e de metodologias interativas, baseadas na análise crítica de um conjunto de casos e exercícios. Espera-se que os estudantes assumam a apresentação de alguns casos e participem ativamente na discussão de vários textos.*

*No âmbito de cada tema abordado, para além da bibliografia base, são sugeridos artigos de revistas científicas e de revistas profissionais. Esses artigos devem servir de base à preparação dos casos. Frequentemente são enunciadas questões em aberto, as quais podem sugerir pistas para trabalhos de investigação na área.*

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

*The topics are addressed by means of combination of different methodologies, which comprise expositive techniques and interactive techniques, essentially based on the discussion of case studies and exercises. It is expected that students actively participate in the presentation and discussion of some papers.*

*For each topic scientific and professional-oriented papers are suggested. Such papers are expected to be used in the case-studies preparation. Often, some questions are identified that call for further research and that can be used to initiate new studies.*

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

*A exposição prévia dos conceitos revela-se indispensável para fomentar a discussão informada dos assuntos bem como para a transposição das metodologias e modelos estudados para o contexto organizacional. A apresentação e a discussão dos casos nas aulas, dinamizada por alunos em grupo, permite problematizar a aplicabilidade e as potencialidades das metodologias e referenciais estudados. A realização do trabalho individual permite desenvolver algumas competências de pesquisa e analisar criticamente boas práticas. A frequência final é uma componente onde se desenvolvem e avaliam competências de gestão do tempo e de exposição sucinta das matérias.*

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

*The prior contact with some concepts and theories is essential to foster an informed discussion of the topics as well as the transfer of the models and methodologies studied to organizational contexts. The presentation and discussion of case-studies in the class by groups of students is the kicking point to analyse the potentialities of the tools and frameworks studied. The individual assignment gives students a chance to develop data gathering skills and to identify and discuss interesting organisational practices. The final test represents an opportunity to develop and assess skills of time management and clear explanation of the unit contents.*

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

*EVANS, James R. ; LINDSAY, William M. - Managing for quality and performance excellence. 8th ed.. Mason : South-Western/Cengage Learning, 2011. [BP 658.5 EVA]*

*KANJI, Gopal K. ; SÁ, Patrícia Moura e - Performance measurement : the path to excellence. Leeds : Wisdom House Publications, 2006. [BP 658.5 KAN]*

*PEREIRA, Zulema Lopes ; REQUEIJO, José Fernando Gomes - Qualidade : planeamento e controlo estatístico de processos. Caparica : Faculdade de Ciências e Tecnologia ; Lisboa : Prefácio, 2008.*

*ROSA, Maria João; SÁ, Patrícia Moura e & SARRICO, Cláudia (Org.) – Qualidade em Ação. Lisboa: Sílabo 2014*

**Mapa IV - Processos e Cálculo Estocástico**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Processos e Cálculo Estocástico*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Stochastic Processes and Calculus*

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

*MAT*

**4.4.1.3. Duração:**

*1 semestre/1 semester*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

## 4.4.1.5. Horas de contacto:

TP- 56

## 4.4.1.6. ECTS:

6

## 4.4.1.7. Observações:

*A avaliação contínua pressupõe a realização de 3 pequenos testes, 1 frequência (com peso total de 85%) e de um trabalho computacional, elaborado individualmente ou em grupos de 2 alunos (com peso de 15%).*

*A avaliação por exame final inclui a realização de um exame escrito (com peso 85%) e de um trabalho computacional sujeito às mesmas regras.*

## 4.4.1.7. Observations:

*There are 2 types of grading: during the semester or by final examination.*

*Grading during the semester requires taking 3 small tests, a mid-term exam (85% of the final grade) and doing a computational assignment (done individually or by a team of 2 students and representing 15% of the final grade).*

*Grading by final examination includes taking an exam (85% of the final grade) and doing a computational assignment (15% of the final grade).*

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

Ana Cristina Martins Rosa

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

&lt;sem resposta&gt;

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

*Um dos objetivos desta unidade é fornecer os fundamentos teóricos e os instrumentos matemáticos essenciais ao estudo de processos estocásticos e ilustrar a sua utilização na análise de fenómenos aleatórios que evoluem com o tempo. São dadas a conhecer as principais classes de processos estocásticos com aplicação nas várias áreas da ciência, da tecnologia e, em particular, das finanças. A introdução ao cálculo estocástico, com a apresentação de conceitos e técnicas básicas sobre integração estocástica e equações diferenciais estocásticas, é outro objetivo da unidade.*

*Esta unidade permite desenvolver as seguintes competências instrumentais: capacidade de cálculo; utilização de ferramentas computacionais; conhecimento de resultados matemáticos; generalização e abstração; formulação e resolução de problemas e conceção ou utilização de modelos matemáticos em situações reais. A nível pessoal permite desenvolver a iniciativa individual, o trabalho em equipa, a aprendizagem autónoma.*

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

*To provide the theoretical foundations and the essential mathematical tools for the study of stochastic processes and to illustrate their application in describing and analyzing time-dependent random phenomena. We also present the main classes of stochastic processes that are widely employed in several fields of science, technology, and specially finance. Another goal of this unit is to introduce stochastic calculus. Here, some basic theory and techniques of stochastic integration and stochastic differential equations are covered, at an elementary level.*

*This course allows developing the following skills: ability to calculate; using computational tools; knowledge of mathematical results; ability to generalize and abstract; formulating and solving problems; design and use of mathematical models for real situations. On a personal level, it allows to develop individual initiative, teamwork and independent learning.*

## 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Distribuições condicionadas e esperança condicionada.*

*Introdução aos processos estocásticos – motivação e definição; processos gaussianos, fraca e fortemente estacionários, de acréscimos independentes e estacionários, de Markov, martingalas; exemplos clássicos: passeio aleatório, processos de Poisson, processo de Wiener e movimento browniano geométrico.*

*Cadeias de Markov a tempo discreto – probabilidades de transição, equações de Chapman-Kolmogorov; classificação dos estados; absorção; comportamento assintótico.*

*Cadeias de Markov a tempo contínuo – funções de probabilidade de transição, gerador infinitesimal; equações diferenciais de Kolmogorov; tempos de espera nos estados; cadeia embebida; comportamento assintótico; processos de nascimento e morte. Noções básicas de cálculo estocástico – integral de Riemann-Stieltjes e funções de variação limitada; integral de Itô; processo de Itô e diferenciais estocásticos; as equações de Black-Scholes e de Langevin; teorema de Girsanov.*

## 4.4.5. Syllabus:

*Review of conditional distribution and conditional expectation.*

*Introduction to stochastic processes – motivation and definition; Gaussian processes, strong and weak stationary processes, stationary and independent increment processes, Markov processes and martingales; classical examples: random walk, Poisson processes, Wiener process and geometric Brownian motion.*

*Discrete time Markov chains – transition probabilities; Chapman-Kolmogorov equations; classification of states; absorption; long-run behavior.*

*Continuous time Markov chains – transition probability functions; infinitesimal generator; finite dimension distributions; Kolmogorov differential equations; explosion; waiting times; embedded chain; long-run behavior; birth and death chains and queuing chains.*

*Foundations of stochastic calculus –Riemann-Stieltjes's integral and bounded variation functions; Itô's integral; Itô processes*

and stochastic differentials; Black-Scholes and Langevin's equations; Girsanov theorem.

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

*O programa segue o plano padrão de um curso introdutório sobre processos estocásticos, sem recorrer à teoria da medida. Inicia-se com a apresentação das noções fundamentais da teoria dos processos estocásticos, incluindo as principais classes de processos bem como os modelos clássicos que nelas se enquadram. Prossegue, então, com o estudo aprofundado das cadeias de Markov homogéneas a tempo discreto e contínuo, ilustrado através de vários exemplos típicos, tais como os processos de reserva de risco, de ramificação e de nascimento e morte. A última parte do curso é dedicada aos conceitos e às ferramentas essenciais do cálculo estocástico. Em particular, efetua-se uma breve abordagem às equações diferenciais estocásticas e sua resolução, com destaque para a equação de Black-Scholes, dada a sua importância em matemática financeira. Por fim, apresentam-se as técnicas subjacentes à mudança de medida num espaço de probabilidade, tendo em vista o teorema de Girsanov.*

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

*The syllabus follows the standard practice for an introductory course on stochastic processes without measure theory. It begins with the presentation of the main concepts of the theory of stochastic processes, including the major classes of processes as well as the most popular models. The next part is dedicated to the study of homogeneous Markov chains in discrete and continuous time. In this framework, several typical examples such as branching processes, risk processes and birth and death chains will be discussed.*

*With respect to stochastic calculus, we take up the construction of Itô processes, followed by the essential tools of stochastic integration. These tools allow us to briefly introduce stochastic differential equations and to present some usual methods for solving them, paying special attention to Black-Scholes' equation due to its relevance in finance. Finally, change of measure techniques will be presented, with Girsanov's theorem in view.*

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

*O ensino é ministrado em sessões teórico-práticas, baseadas num texto de apoio. As aulas são essencialmente expositivas e incluem exemplos de aplicação da matéria leccionada. É fornecido aos alunos um diversificado conjunto de exercícios que propicia a apreensão e a consolidação dos conhecimentos. Além disso, os alunos desenvolvem, durante o semestre, um trabalho prático que envolve a simulação de trajetórias de alguns modelos estudados. Semanalmente, é disponibilizado um tempo de orientação tutorial por forma a auxiliar os alunos a ultrapassarem as suas eventuais dificuldades.*

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

*Based on printed notes, classes are expository and include examples for applying the acquired knowledge. A complete set of training exercises are provided to students. Their resolution is a crucial complement to the course and helps them to prepare for the written tests. During the semester, students develop a computational assignment involving the simulation of trajectories of some stochastic models studied in classes.*

*Weekly, tutorial time is offered in order to help students to overcome their learning difficulties.*

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

*As aulas teórico-práticas permitem expor, discutir e exemplificar a teoria matemática subjacente ao estudo dos processos estocásticos. Os modelos e os métodos apresentados nas aulas são depois aplicados pelos alunos na resolução dos exercícios propostos, permitindo-lhes uma melhor compreensão e consolidação dos tópicos abordados. O trabalho computacional contribui para enriquecer a formação dos alunos a nível prático e reforça a sua perceção da dinâmica inerente à evolução temporal dos modelos estudados.*

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

*Classes allow the exposition, the discussion and the illustration of the mathematical background needed for the study of stochastic processes. By solving the proposed exercises, students are led to a better understanding of the subjects taught in classes and to enhance their performance in tests and exams.*

*The computational assignment gives a significant contribution to the development of students' practical skills and reinforces their perception of the dynamics inherent to the temporal evolution of stochastic processes.*

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

- R. Durrett, Essentials of Stochastic Processes, Springer-Verlag, 1999.*
- D. Foata, A. Fuchs, Processus Stochastiques, segunda edição, Dunod, 2004.*
- G.R. Grimmett, D.R. Stirzaker, Probability and Random Processes, terceira edição, Clarendon Press, Oxford Science Publications, 2001.*
- S. Karlin, H.M. Taylor, A First Course in Stochastic Processes, Academic Press, 1975.*
- S. Karlin, H.M. Taylor, An Introduction to Stochastic Modeling, terceira edição, Academic Press, 1998.*
- H. Kuo, Introduction to Stochastic Integration, Springer-Verlag, 2006.*
- T. Mikosch, Elementary Stochastic Calculus, Advanced Series on Statistical Science and Applied Probability, Vol.6, World Scientific, 2006.*
- D. Muller, Processos Estocásticos e Aplicações, Almedina, 2007.*
- R. Serfozo, Basics of Applied Stochastic Processes, Springer-Verlag, 2009.*

**Mapa IV - Reconhecimento de Padrões**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Reconhecimento de Padrões*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Pattern Recognition****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:****INF****4.4.1.3. Duração:****1 semestre / 1 semester****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T:30 - PL:30 - O:2 = 62****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****César Alexandre Domingues Teixeira****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***O Reconhecimento de Padrões (PR estuda a conceção, desenvolvimento e implementação de sistemas capazes de reconhecer padrões nos dados. Esta UC ministra os algoritmos que permitem explorar aplicações de RP, formalizando-as, com modelos analíticos de uso alargado nos mais diversos domínios. Conceitos básicos, modelos e ferramentas para a compreensão e desenho de um SRP. Pela discussão envolvendo a natureza e dificuldades inerentes a um problema de classificação de padrões, abordaremos a discriminação de padrões, funções e regiões de decisão, separabilidade de classes e métricas. Estudo da extração e seleção de características, modelos de classificação paramétricos e não paramétricos, redução da dimensionalidade e métodos de kernel; métricas de avaliação de classificadores. O aluno deverá compreender as fases de um SRP, escolher o classificador mais apropriado para a resolução de um problema, efetuar o seu estudo com base na análise dos resultados e retirar conhecimento dessa análise.***

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

***Pattern Recognition (PR) studies the design, development and implementation of systems that recognize patterns in data. This course teaches the algorithms that allow to explore applications of RP, formalizing them with analytic models of wide use in many fields. Basic concepts, models and tools for the understanding and design of a PRS. Through discussion involving the nature and difficulties inherent in a pattern classification problem, we discuss the discrimination of patterns, functions and decision regions, separability of classes and metrics. Study of extraction and feature selection, classification models parametric and non-parametric, dimensionality reduction and kernel methods, metrics for evaluating classifiers. Students should understand the phases of the PRS, choose the most appropriate classifier for solving a problem, complete their study based on the analysis of results and get knowledge from this analysis.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Pattern Discrimination: decision functions and decision regions; class separability metrics; Linear Discriminants (Euclidian and Mahalanobis), and Fisher discriminant.***
- 2. Feature extraction and feature selection; feature ranking; Kruskal Wallis. Data pre-processing (outliers removal, normalization and scaling, missing data)***
- 3. Clustering: Hierarchical and k-means algorithms***
- 4. Parametric Methods: model selection, linear generalized models, mixture models, Bayes Classification, Parameter estimation: likelihood method; Bayes and risk estimation; Maxima A Posteriori (MAP); classifier; Kullback-Leibler divergence***
- 5. Non-parametric methods: density estimation: Parzen windows and K-nearest neighbors.***
- 6. Dimensionality reduction; Principal Component Analysis (PCA); Non-linear methods.***
- 7. Kernel methods: Mercer kernel, Kernel PCA.***
- 8. Classifier assessment sampling, confusion matrix and error probability; ROC curves; Bootstrapping, Boosting.***

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Pattern Discrimination: decision functions and decision regions; class separability metrics; Linear Discriminants (Euclidian and Mahalanobis), and Fisher discriminant.***
- 2. Feature extraction and feature selection; feature ranking; Kruskal Wallis. Data pre-processing (outliers removal, normalization and scaling, missing data)***
- 3. Clustering: Hierarchical and k-means algorithms***
- 4. Parametric Methods: model selection, linear generalized models, mixture models, Bayes Classification, Parameter estimation: likelihood method; Bayes and risk estimation; Maxima A Posteriori (MAP); classifier; Kullback-Leibler divergence***

5. *Non-parametric methods: density estimation: Parzen windows and K-nearest neighbors.*
6. *Dimensionality reduction; Principal Component Analysis (PCA); Non-linear methods.*
7. *Kernel methods: Mercer kernel, Kernel PCA.*
8. *Classifier assessment sampling, confusion matrix and error probability; ROC curves; Bootstrapping, Boosting.*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Esta UC é sobre reconhecimento de padrões (PR), características e propriedades, esobre os modelos e técnicas fundamentais para a sua compreensão. Os conteúdos estudados pretendem ministrar os conceitos fundamentais (pontos 1 e 2) para o desenvolvimento de um sistema de PR. Fases de construção: pré-processamento, extração e seleção de características, classificação, teste e validação. Pontos 3, 4 e 5: principais abordagens de classificação. Ponto 3: algoritmos de agrupamento de dados, não (e semi) supervisionados, muito úteis nos casos em que a informação é não etiquetada. Já nos pontos 4 e 5 focaremos os métodos paramétricos (estimação Bayesiana e risco) e não paramétricos (de estimação da densidade e o algoritmo k-vizinhos mais próximos). O ponto 6 foca-se na redução da dimensionalidade (e.g. PCA) e no ponto 7 são estudados os métodos de kernel. No ponto 8 são dados os instrumentos (e.g. métricas de avaliação, curvas ROC, etc.) necessários à avaliação de classificadores.*

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *This course is about pattern recognition (PR), characteristics and properties, but also about models and fundamental techniques for its comprehension. The contents introduce the main concepts (points 1 and 2) for the development of a PR system. The phases for the construction of a pattern recognition system are also presented: pre-processing, feature extraction and feature selection, classification, test and validation. The main approaches for classification are covered in the points 3, 4 and 5. Point 3: clustering algorithms un(semi)-supervised with acclaimed importance for the unlabelled existing information. Points 4 and 5 we will be focused on parametric methods (Bayesian and risk estimation) and non-parametric (density estimation and k-nearest neighbors). Dimensionality reduction is studied in point 6 and kernel methods in point 7. The tools for classifier assessment (e.g. evaluation metrics, ROC curves, etc.) essential for classifiers design are covered in point 8.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas T: exposição detalhada com meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e resolução de exercícios práticos elementares que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais. Aulas PL em que se os alunos resolvem s exercícios de aplicação prática, que exijam a conjugação de conceitos teóricos distintos e promovam o raciocínio crítico. Na avaliação, abrangendo toda a matéria lecionada, pretende-se focar, de forma clara, tanto os conceitos teóricos de base como a capacidade para resolver problemas complexos.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Theoretical classes (T) with detailed presentation, using audiovisual means, of concepts, principles and fundamental theories and solving of basic practical exercises to illustrate the practical interest of the subject and exemplify its application to real cases. Practical Laboratorial classes (PL) where the students solve practical exercises, which require the combination of different theoretical concepts and promote critical reasoning. The evaluation, which covers all the taught matters, clearly is focused on both the basic theoretical concepts and the ability to solve complex problems.*

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

*As metodologias de ensino estão em consonância com os objetivos da UC, com (a) aulas teóricas T de exposição conceptual dos modelos e práticas de reconhecimento de padrões, passando depois (b) em aulas PL pela realização de Projeto de reconhecimento de padrões com aplicação a um caso prático o que permite enriquecer a componente experimental —hands-onll, útil para dominar as técnicas de projeto de experiências e análise de resultados. A estratégia e o método de ensino procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e desenvolvimento de competências técnicas específicas, genéricas, instrumental, pessoal e sistémicas. Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas T e os exercícios de aplicação prática das aulas PL estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, raciocínio crítico, aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese*

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

*The teaching methodologies are in coherence with the course objectives due to: (a) theoretical classes (T) cover conceptual lecturing of the pattern recognition techniques; (b) the PL allows to enrich the experimental component since there is —hands-onll approach: (1) design of experiments; (2) analysis of results; and (3) validation of results. Beyond that, students are committed to endorse a real application in the PR field.*

*The teaching strategy and methods aim at engaging the student in the learning process and personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature. With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the PL classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Bishop, C.M., —*Pattern Recognition and Machine Learning*ll, Springer Verlag, 2006
2. Duda, R. O., Hart, P.E., and Stork, D.G., —*Pattern Classification*ll 2nd ed. Wiley Interscience (2001)
3. J.P. Marques de Sá, —*Pattern Recognition: Concepts, Methods and Applications*ll, 2001, XIX, 318 p., 197 illus., Springer-Verlag (2001)
4. M. N. Murty and V. S. Devi, —*Pattern Recognition: An Algorithmic Approach*ll, Springer, 1st Edition., XII, 263 p. (2011)

#### Mapa IV - Sistemas de Informação em Saúde

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Sistemas de Informação em Saúde*

4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Health information systems*

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

4.4.1.3. Duração:  
*1 semestre/ 1 semester*

4.4.1.4. Horas de trabalho:  
*162*

4.4.1.5. Horas de contacto:  
*T:20; TP:5;*

4.4.1.6. ECTS:  
*6*

4.4.1.7. Observações:  
*<sem resposta>*

4.4.1.7. Observations:  
*<no answer>*

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):  
*António Fernando Salgueiro Amaral (23)*

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:  
*Pedro Augusto de Melo Lopes Ferreira (2h)*

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):  
*Esta unidade curricular pretende fornecer um conhecimento aprofundado sobre os conceitos básicos associados aos sistemas de informação em saúde, à sua utilização e otimização.  
No final os estudantes deverão ser capazes de: Identificar as necessidades, de uma organização, em sistemas de informação; conhecer as etapas para a implementação de sistemas de informação numa organização de saúde; relacionar conceitos de dados, informação e conhecimento; conhecer a importância dos conceitos de integração e interoperabilidade dos sistemas de informação; conhecer as políticas nacionais para os sistemas de informação em saúde.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
*This curricular unit aims to provide in-depth knowledge about the basic concepts associated with health information systems, to their use and optimization.  
At the end the students shall be able to: identify the needs of an organization in information systems; know the steps for the implementation of information systems in an organization; relate concepts of data, information and knowledge; know the importance of the concepts of integration and interoperability of information systems; meet national policies for health information systems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:  
*Sistemas de informação e organizações  
Dados, informação e conhecimento  
Sistemas de informação e tomada de decisão  
Sistemas de informação em saúde  
A necessidade de integração da informação  
A importância da interoperabilidade dos sistemas de informação locais regionais e nacionais.  
Qualidade, segurança e integridade dos dados  
Governança de sistemas de informação.  
Os sistemas de informação em saúde para a produção de indicadores.*

4.4.5. Syllabus:  
*Information systems and organizations  
Data, information and knowledge  
Information systems and decision making  
Health information Systems  
The need for information integration  
The importance of the interoperability of local, regional and national information systems  
Quality, security and integrity of data  
Governance of information systems  
Health information systems for the production of indicators*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
*Os conteúdos foram selecionados numa perspetiva de resultados de aprendizagem. Desde logo, o conhecimento do que é uma*

*organização e uma organização de saúde nomeadamente na sua complexidade e na sua semelhança com um sistema de informação. Esta relação permitirá aos estudantes reconhecer a necessidade de, antes de implementar qualquer medida para a implementação de um sistema de informação, de se ter um conhecimento profundo da organização, onde se produz, quem produz e quem utiliza a informação para a tomada de decisão aos mais diversos níveis, estratégico, tático e operacional. A explicitação e a demonstração do que existe permitem uma análise crítica fundamentada para a proposta de soluções credíveis numa organização, assim os conteúdos relacionados com a governação e com a demonstração do que existe é aqui coerente com os resultados de aprendizagem que se pretendem atingir.*

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

*The contents were selected in a perspective of learning outcomes. So, the knowledge of what is an organization and a healthcare organization in its complexity and its similarity to an information system. This relationship will allow students to recognize the need for, before implementing any measures for the implementation of an information system, having a thorough knowledge of the organization, where it produces, who produces and who uses the information for decision making at all levels, strategic, tactical and operational. The explanation and demonstration of what exists allow a critical analysis given to the proposal for a credible solution in an organization, so the contents related to the governance and with the demonstration of what exists here is consistent with the results of learning that they intend to achieve.*

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

*A metodologia será fundamentalmente expositiva, mas com uma componente de interação importante relevando o que cada estudante conhece na sua realidade para a construção do conhecimento.*

*Existirão ainda um conjunto de seminários onde contaremos com a presença de entidades que no momento detêm responsabilidade na gestão e implementação de sistemas de informação na saúde.*

*A avaliação final é baseada num trabalho que pretende analisar uma situação concreta que tenha a ver com as vivências e experiências de cada formando e uma correspondente análise crítica com proposta de solução.*

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

*The methodology will be primarily expository, but with an important interaction component pointing to what every student knows in his reality for the construction of knowledge.*

*There is still a series of seminars with the presence of entities that currently hold responsibility in the management and implementation of health information systems.*

*The final assessment is based on a work that aims to analyze a particular situation that has to do with the experiences of each student and a corresponding critical analysis with suggested solution.*

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

*Sendo os objetivos centrados sobretudo na análise e no conhecimento de conceitos e realidades, toda a metodologia se centra na explanação e na motivação para a análise crítica do que se sabe e já se conhece no confronto com o que é conhecimento novo.*

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

*Being the objectives focused mainly on the analysis and knowledge of concepts and realities, all the methodology focuses on the explanation and on the motivation for the critical analysis of what is known and not known in the clash with what is new knowledge.*

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

*Edwards C et al. The essence of information systems, 2ª ed. Adrian Buckley, Prentice Hall, 1995.*

*OMS, Pan American Health Organization. Setting up healthcare services information systems: a guide for requirement analysis. Washington, DC: PAHO, 1999*

*PEREIRA, Domingos et al; Sistemas de Informação na Saúde - Perspectivas e Desafios em Portugal; 1ª edição Lisboa 2011; Edições Sílabo*

*SERRANO, António et al; Gestão de Sistemas e Tecnologias de Informação; 2004; FCA – Editora de Informática*

**Mapa IV - Teoria do Risco**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Teoria do Risco*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Risk Theory*

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

*MAT*

**4.4.1.3. Duração:**

*1 semestre/ 1 semester*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP – 56h*



## 4.4.1.6. ECTS:

6

## 4.4.1.7. Observações:

*A avaliação inclui uma componente prática que de natureza fortemente computacional, com um peso de 25%. A restante componente de avaliação é obtida por realização de um exame final. Oferece-se em alternativa ao exame final a realização de frequências parciais, eventualmente acompanhadas da resolução de problemas ao longo do semestre.*

## 4.4.1.7. Observations:

*Grading includes work on a (large) numerical problem. This amounts for 25% of the final grading. The remaining 75% are obtained from a final exam. The possibility of getting these 75% by partial exams is offered, possibly accompanied by short problem solving along the semester.*

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

*Paulo Eduardo Aragão Aleixo Neves de Oliveira (56h)*

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

*<sem resposta>*

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

*O objetivo desta unidade curricular é introduzir as técnicas e os modelos básicos da Teoria do Risco no contexto da atividade seguradora. Pretende-se mostrar como pode ser tratada numericamente no âmbito da modelação a informação disponível. A unidade curricular permite desenvolver competências de conceção de modelos matemáticas e da sua utilização para dar respostas a questões reais. Permite também desenvolver as capacidades de cálculo automático.*

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

*Complementos de Probabilidades: tipos de distribuições, integral de Riemann-Stieltjes, convolução, funções geradoras, misturas de distribuições.*

*Teoria da Utilidade: funções de utilidade e princípio da utilidade nula.*

*Risco Individual: estimação de distribuições, problemas numéricos, aplicações do Teorema do Limite Central.*

*Risco Coletivo: distribuições compostas, distribuições  $(a,b,0)$  e modificações a origem, algoritmos recursivos, aproximação à normal.*

*Teoria da Ruína: modelos discretos, modelo de Cramer-Lundberg, equações funcionais e sua resolução.*

## 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Complementos de Probabilidades: tipos de distribuições, integral de Riemann-Stieltjes, convolução, funções geradoras, misturas de distribuições.*

*Teoria da Utilidade: funções de utilidade e princípio da utilidade nula.*

*Risco Individual: estimação de distribuições, problemas numéricos, aplicações do Teorema do Limite Central.*

*Risco Coletivo: distribuições compostas, distribuições  $(a,b,0)$  e modificações a origem, algoritmos recursivos, aproximação à normal.*

*Teoria da Ruína: modelos discretos, modelo de Cramer-Lundberg, equações funcionais e sua resolução.*

## 4.4.5. Syllabus:

*Probability Complements: distributions, Riemann-Stieltjes integration, convolution, generating functions, distribution mixing.*

*Utility Theory: utility functions and the null utility principle.*

*Individual Risk: estimation, numerical treatment, applications of the Central Limit Theorem.*

*Collective Risk: compound distributions, classes  $(a,b,0)$  and modifications at the origin, recursive algorithms, approximation to the normal distribution.*

*Ruin Theory: discrete models, Cramer-Lundberg model, functional equations.*

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

*A disciplina de Teoria do Risco estuda conceitos e modelos matemáticos que estão na base da atividade atuarial e em alguns da atividade financeira. A ênfase é colocada na utilização da teoria e métodos decorrentes, não descurando uma fundamentação adequada que deixe claro qual o alcance e quais as limitações destes. Procedem-se à análise de carteiras de seguros procurando respostas que possam ser entendidas por um profissional não matemático. Abordam-se metodologias que permitem a análise de alterações nas condições de contratos e seus impactos quer para companhia seguradora quer para o segurado.*

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

*The course presents mathematical concepts and methods that are at the base of the actuarial activity. The main focus is placed in using the results keeping in mind an adequate theoretical justification giving insight over the possibilities and also over the limitations of the methodologies. Students are faced with the analysis of portfolios of actuarial contracts seeking answers that can be understood by a non-mathematician. Students also address methodologies used for analyzing changes in contract conditions and their impact.*

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

*As aulas são expositivas e incluem a resolução de problemas. O tratamento de problemas de natureza numérica é feito com acompanhamento de meios computacionais.*

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

*Classes are of expository nature and include problem solving. Resolution of numerical problems should support by use of*

*computing methods.*

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

*As aulas teórico-práticas permitem expor, discutir e exemplificar a teoria e técnicas matemáticas subjacente aos modelos adequados à atividade atuarial. As metodologias apresentadas nas aulas teórico-práticas são aplicadas na resolução de problemas ou em trabalhos computacionais levando os alunos a uma melhor compreensão das noções e métodos dos modelos atuariais.*

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

*Classes allow the introduction, discussion and illustration of the theory and techniques used in the mathematical models in actuarial activity. The methodologies taught in class are applied in problem solving and in computational projects fostering a better understanding of the concepts and methods of the actuarial models.*

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

*S.A. Klugman, H. Panjer, G.E. Willmot, Loss Models, John Wiley & Sons, 2008.  
R. Kaas, M. Goovaerts, J. Dhane, M. Denuit, Modern Actuarial Risk Theory, Kluwer Academic Publishers, 2001.  
M.L. Centeno, Teoria do Risco na Atividade Seguradora, Celta Editora, 2003.*

**Mapa IV - Fundamentos de Investigação Operacional**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fundamentos de Investigação Operacional*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Fundamentals of Operational Research*

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

*EG*

**4.4.1.3. Duração:**

*1 semestre /1 semester*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP:60*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*Carlos Alberto Henggeler de Carvalho Antunes*

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

*<sem resposta>*

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

*Dotar os alunos de competências metodológicas e aplicacionais num contexto de otimização em problemas de engenharia, permitindo a identificação de tipos de problemas, a construção de modelos matemáticos adequados, a aprendizagem de algoritmos que produzam soluções óptimas para esses modelos. Será dada particular atenção à utilização de packages computacionais para a obtenção de soluções, bem como à análise de sensibilidade das soluções óptimas face à variação dos dados e parâmetros do modelo.*

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

*Providing the students with methodological and application competences in the context of optimization in engineering problems, in order to enable them to identify types of problems, develop adequate mathematical models that include the essential characteristics of those problems, and apply algorithms to generate the optimal solutions for the problems. Special attention is paid to the use of software packages to obtain the optimal solutions, as well as sensitivity analysis of optimal solutions in face of changes in the model data and parameters.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**0. Origem e natureza da Investigação Operacional (IO).**

1. **Programação linear (PL). Resolução gráfica de modelos de PL. O método simplex. Teoria da dualidade. Análise de sensibilidade. Programação por metas.**
2. **Problemas especiais de PL. Problema de transportes, de afectação e de transpedição.**
3. **Problemas de optimização em redes. Caminho mais curto. Árvore abrangente mínima. Caminho mais curto com custos fixos associados à passagem em nodos. Fluxo máximo. Fluxo de custo mínimo.**
4. **Programação não linear (PNL). Exemplos de aplicação de modelos matemáticos não lineares. Problemas de PNL sem e com restrições. As condições de Karush-Kuhn-Tucker. O método simplex modificado para programação quadrática.**

**4.4.5. Syllabus:**

**0. Origin and nature of Operational Research (OR).**

1. **Linear Programming (LP). Graphical resolution of LP models. The simplex method. Duality theory. Sensitivity analysis. Goal programming.**
2. **Special LP problems. The transportation, assignment and transshipment problems.**
3. **Network optimization problems. Shortest path. Minimum spanning tree. Shortest path with fixed costs in nodes. Maximum flow problem. Max flow -min cut theorem. Minimum cost flow problem.**
4. **Non-linear programming. Examples of application of non-linear mathematical models. NLP problems without and with with constraints. The Karush-Kuhn-Tucker conditions. The modified simplex method for quadratic programming.**

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

*A unidade curricular tem como objectivo essencial dotar os alunos de competências metodológicas e aplicacionais num contexto de optimização em problemas de engenharia, permitindo a identificação de tipos de problemas, a construção de modelos matemáticos adequados, a aprendizagem de algoritmos que produzam soluções óptimas para esses modelos. Neste contexto, os conteúdos programáticos incluem modelos e métodos nas áreas de optimização linear, optimização em redes, e optimização não linear, englobando assim uma vasta gama de problemas de optimização relevantes num contexto de engenharia. Assim, os estudantes são expostos aos principais problemas, modelos e algoritmos nestes domínios, ficando habilitados a desenvolver abordagens cientificamente validadas para gerar soluções implementáveis na prática.*

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

*The curricular unit is aimed at providing the students with methodological and application competences in the area of optimization in the context of engineering problems, enabling the identification of problem types, the development of adequate mathematical models, the learning of algorithms that generate the optimal solutions to those models. In this context, the syllabus includes models and methods in the areas of linear optimization, network optimization, and nonlinear optimization, thus encompassing a vast range of relevant optimization problems in an engineering context. Therefore, students are exposed to the main problems, models and algorithms in those domains, being able to develop scientifically sound approaches to generate solutions implementable in practice.*

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

*Aulas expositivas de natureza tutorial em que os conceitos teóricos e metodológicos surgem motivados por problemas reais, sempre ilustradas com exemplos de aplicação. Recurso a packages (comerciais ou de domínio público) para a obtenção das soluções óptimas para os modelos matemáticos, libertando o estudante para as tarefas mais criativas de formulação dos problemas, construção dos modelos e análise crítica dos resultados.*

**Avaliação:**

- Realização de 3 trabalhos práticos [4/20]
- Exame (normal / recurso) [16/20]

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

*heoretical and methodological concepts are presented in tutorial lectures, being motivated by real-world problems and illustrated with application examples.*

*Software (commercial and public domain) packages are used to obtain solutions to the mathematical models, thus freeing the students for the more creative tasks of problem formulation, model building and critical analysis of results.*

**Grading:**

- 3 assignments [4/20]
- Exam [16/20]

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

*As aulas serão todas de natureza teórico-prática, nas quais os alunos serão expostos aos principais modelos e métodos, sendo os problemas suscitados por aplicações reais. Será dada particular atenção à aplicação dos conceitos teóricos e metodológicos para resolver problemas, i.e. gerar soluções cuja análise crítica revele serem de facto as mais adequadas. Os exemplos ilustrativos serão escolhidos para mostrar a importância de dispor de abordagens cientificamente baseadas para apoio à tomada de decisões em problemas de optimização, semelhantes aos que um engenheiro poderá encontrar na sua prática profissional.*

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

*All lectures will have a theoretical-practical nature, in which the students will be exposed to the main models and methods, the problems arising from a real-world setting. Particular attention will be paid to the application of theoretical and methodological concepts to solve problems, i.e. generating solutions the analysis of which reveal to be indeed the most adequate. Illustrative examples will be selected to display the importance of having scientifically based approaches for decision support in optimization problems, which are similar to the ones that an engineer may encounter in his/her professional practice.*

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

*Hillier, F. S., G. J. Lieberman. "Introduction to Operations Research", McGraw-Hill, 2005 (8th ed.).*

- Tavares, L. V., R. C. Oliveira, I. H. Themido, F. N. Correia. "Investigação Operacional", McGraw-Hill Portugal, 1996.
- Bronson, R., G. Naadimuthu. "Investigação Operacional", Colecção Schaum (2ª. Ed.), McGraw-Hill Portugal, 2001.

- Clímaco, J., C. H. Antunes, M. J. Alves. "Programação Linear Multiobjectivo", Imprensa da Universidade de Coimbra, 2003.
- Chang, Y.L. "WinQSB, Decision Support Software for M/OM (ver 2.0)", Wiley, 2003.
- Antunes, C. H., L. V. Tavares (Coord.). "Casos de Aplicação da Investigação Operacional", McGraw-Hill, 2000.

#### Mapa IV - Gestão da Qualidade

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
*Gestão da Qualidade*

4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Quality Management*

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

4.4.1.3. Duração:  
*1 semestre / 1 semester*

4.4.1.4. Horas de trabalho:  
*162*

4.4.1.5. Horas de contacto:  
*T:30; TP:30*

4.4.1.6. ECTS:  
*6*

4.4.1.7. Observações:  
*<sem resposta>*

4.4.1.7. Observations:  
*<no answer>*

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

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:  
*<sem resposta>*

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):  
*A qualidade é um dos principais factores que influenciam a aquisição de um número crescente de produtos e serviços – quer o cliente seja um indivíduo, uma empresa industrial ou uma organização pública. Assim, a compreensão dos conceitos associados à qualidade, à sua medição e controlo (ao nível do projecto e fabrico), são fundamentais para o sucesso das organizações. Pretende-se com esta disciplina que os alunos adquiram os fundamentos da gestão da qualidade, e que apreendam as ferramentas disponíveis para a sua implementação, medição e controlo, quer na fase de projecto, quer na fase de execução de um produto ou serviço. Pretende-se ainda que os alunos sejam capazes de desenvolver o conjunto de documentos necessários ao estabelecimento de um sistema formal de gestão da qualidade.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
*The Quality is one of the main factors taken into account by customers when deciding which product or service should be acquired. Thus the understanding of the quality concepts and how to measure and control the quality is vital for the success of any business. After this course the student should be able to: understand and discuss the concept of quality in what concerns its application in engineering; use the tools available to measure and control the quality of a product/service during its development/project and production stage; be able to understand and develop the main documents required to implement a formal quality system.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Definição e conceito de qualidade e sua importância no âmbito da engenharia;*
2. *Custos da qualidade;*
3. *Qualidade na fase de projecto – Quality function Deployment (QFD);*
4. *Análise modal de falhas e efeitos;*
5. *O controlo estatístico do processo (Inspeção; cartas de controlo);*
6. *As normas ISO 9000 e os sistemas formais de qualidade;*

4.4.5. Syllabus:

1. *Definition and concept of quality and its importance in engineering;*
2. *Quality costs;*
3. *Quality Function Deployment (QFD);*

- 4. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA);
- 5. Statistical Quality Control (inspection and control charts);
- 6. The ISO 9000 standards and formal quality systems;

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
*Os módulos 1 e 2 do programa definido garantem a aquisição dos conhecimentos acerca do conceito de qualidade no âmbito da engenharia, demonstrando a sua importância económica. Nos módulos 3, 4 e 5 descreve-se o conjunto de ferramentas utilizadas para a medição e controlo da qualidade desde a fase de desenvolvimento do produto até a fase da sua produção. O módulo 6 tem por objectivo transmitir aos alunos os conhecimentos acerca dos documentos de suporte aos sistemas formais da qualidade bem como apresentar as normas internacionais que suportam esses sistemas.*
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:  
*Syllabus modules 1 and 2 allows the student to understand the concept of quality in what concerns engineering tasks, showing its economic importance for companies. In modules 3, 4 and 5 a set of tools/methodologies available for measuring and control quality, from product development to production, are studied. Module 6 is prepared to transmit knowledge about the documents supporting formal quality systems and the international standards used to implement quality systems in companies.*
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):  
*Exposição teórica da matéria com recurso a slides e vídeos. Resolução de problemas recorrendo às ferramentas de controlo da qualidade. A resolução dos problemas é feita em grupo, com apoio do docente, potenciando a discussão entre os alunos acerca das abordagens a seguir para chegar aos resultados pretendidos.*
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):  
*Theoretical presentation of the course subjects using slides and videos. Resolution of problems using the quality tools. The problems will be solved by groups of students, thus promoting a discussion of different approaches to solve the proposed problems.*
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
*A metodologia de ensino proposta promove a discussão entre alunos dos conceitos ligados à gestão da qualidade. A resolução de problemas práticos recorrendo às ferramentas ensinadas permitirá que o aluno adquira competências na implementação de medidas conducentes à melhoria da qualidade nas organizações.*
- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:  
*The proposed teaching methodology promotes the discussion between students about the concepts associated with the quality management field. Solving practical problems using the quality tools will allow the students to acquire competencies to implement programs of quality improvement in organizations.*
- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:  
*.M. Magalhães e C. Silva, Gestão da Qualidade (Apontamentos da disciplina), DEM (Texto Principal).  
A.V. Feigenbaum, Total Quality Control, 3rd ed., McGraw-Hill  
J.M. Juran e F. M. Gryna Jr., Quality Planning and Analysis, Mc Graw Hill  
Duret, D. E Pillet, M., Qualidade na produção: da ISO 9000 ao Seis Sigma, Lidel.*

## 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 e didáticas seguidas no plano de estudos estimulam os alunos com a aquisição de informação e de conhecimentos, com a reflexão crítica e com a pluralidade de técnicas científicas e tecnológicas desenvolvidas. Isto contribui para atingir os objetivos das unidades curriculares do plano de estudos ao reforçar a aprendizagem dos conteúdos e as capacidades do exercício prático das respectivas competências. Estas são desenvolvidas e testadas nas aulas laboratoriais das diferentes unidades curriculares.  
As metodologias são aplicadas com a flexibilidade necessária ao conhecimento anterior dos estudantes, de modo a colmatar as eventuais lacunas e permitir uma continuidade da aquisição de conhecimentos.*
- 4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:  
*The methodologies of teaching and didactics followed in the curriculum stimulate the students with the acquisition of information and knowledge, with the critical reflection and with the plurality of scientific and technological techniques developed. This contributes to achieving the objectives of curricular units of the curriculum by reinforcing the learning of content and the practical skills of their respective competences. These are developed and tested in the laboratory classes of the different curricular units.  
The methodologies are applied with the necessary flexibility to the previous knowledge of the students, in order to fill any gaps and allow a continuity of the acquisition of knowledge.*
- 4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:  
*As formas de verificação da correspondência entre a carga média de trabalho necessária aos estudantes e o valor estimado em ECTS são os resultados dos inquéritos a os estudantes, os dados dos relatórios da unidade curricular e dos responsáveis de unidade curricular analisados pelo coordenador em conjunto com as reuniões de docentes do curso, do coordenador do curso e de estudantes.*

**4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:**

*The ways of verifying the correspondance between the average workload required from students and the estimated value in ECTS are the results of the surveys to students and the curricular unit final reports, as well as curricular unit responsible's reports analyzed by the coordinator in conjunction with the meetings with teachers, course coordinator and students.*

**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:**

*A garantia da correspondência dos métodos de avaliação com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular é implementada com o recurso aos diferentes elementos de avaliação adoptados tais como o desempenho e a participação dos estudantes nas aulas, a realização de testes, a apresentação de trabalhos, apresentações públicas e exames..*

**4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:**

*The means to ensure the correspondence of the evaluation methods with the learning objectives of the curricular unit are implemented by the use of diverse adopted assessment elements such as the students' performance and participation in class as well as in tests, presentations, papers and exams.*

**4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):**

*As metodologias de ensino adoptadas estimulam a criação de hábitos de investigação, reflexão e debate, os quais são complementados com a realização de trabalhos de estudo e análise, bem como apresentações orais, favorecendo a aquisição das competências e ferramentas indispensáveis ao desenvolvimento de atividades científicas*

**4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):**

*The adopted teaching methodologies foster the creation of scientific research habits, reflection and debate, which are complemented with study and analysis, as well as oral presentations, favouring the acquisition of skills and tools necessary to scientific activities development.*

**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:**

*Nos termos do disposto no número 1 do artigo 18º do Decreto-Lei n.º 74/2006 de 24 de março "o ciclo de estudos conducente ao grau de mestre tem 90 a 120 créditos e uma duração normal compreendida ente três a quatro semestres curriculares de trabalho dos alunos". Tendo por base este artigo, decidiu-se que o Mestrado será em regime semestral, com a duração de 4 semestres letivos, num total de 120 ECTS. Esta escolha vai ao encontro da estrutura curricular prevista para os demais cursos de Mestrado do Departamento de Física e da generalidade dos cursos de Mestrado da FCTUC, o que permite uma otimização dos recursos materiais e humanos (corpo docente), bem como a partilha de unidades curriculares com os referidos cursos.*

**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. 63/2016, of September 13th:**

*Following the provisions of paragraph 1 of article 18 of Decree-Law no. 74/2006 of March 24 "the cycle of studies leading to the master degree has 90 to 120 credits and a normal duration comprised between three and four curricular semesters of student work ". Based on this article, it was decided that the Master program will be organized in semesters, with a duration of 4 academic semesters, with a total of 120 ECTS. This choice is in line with the curricular structure of the other Master courses of the Department of Physics and most of the Master programs of FCTUC, which allows an optimization of the material and human resources (faculty staff), as well as the sharing of courses with those programs.*

**4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:**

*Utilizaram-se os resultados dos inquéritos pedagógicos, levados a cabo pela Universidade de Coimbra, e a troca de impressões tida em contextos informais estabelecidos entre docentes e estudantes no âmbito do Mestrado em Física e do 2º ciclo do Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica para obter a adequação do número de ECTS das unidades curriculares.*

**4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:**

*The results of the pedagogical surveys, carried out by the University of Coimbra, and the informal contacts established between teachers and students in the scope of the Master Program in Physics and the 2nd cycle of the Integrated Master in Biomedical Engineering were used to obtain the appropriate ECTS credits of each course.*

**4.7. Observações****4.7. Observações:**

*Decidiu-se oferecer aos alunos um amplo conjunto de unidades curriculares de opção em áreas distintas da Física Médica (FM) mas que são muito úteis para futuros profissionais ou investigadores de FM. É por exemplo o caso das áreas da Gestão da Qualidade, Investigação Operacional, Inteligência Artificial, Teoria do Risco, Métodos de Optimização, Sistemas de Informação, etc. Estas unidades curriculares são das áreas de científicas de Matemática, Economia e Gestão, Engenharia e Informática*

*Os docentes não-especialistas na área e sub-área científicas do mestrado são responsáveis apenas pelas unidades curriculares opcionais que não são da área de FM. (há 2 disciplinas de opção no plano de estudos). Todas as disciplinas obrigatórias são lecionadas por especialistas na área e sub-área científicas do mestrado.*

**4.7. Observations:**

*It was intended to provide students with a broad set of optional courses in areas other than FM but which are very useful for future FM professionals or researchers. It is for example the case of the areas of Quality Management, Operational Research, Artificial Intelligence, Risk Theory, Optimization Methods, Information Systems, etc.  
The teachers non-specialist in the scientific area and sub-area of the Master Program are only responsible for the optional courses that are not from the Medical Physioics area (there are 2 optional courses in the syllabus) that are not in the area of Medical Physics (FM).*

## 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.

*Maria Isabel Silva Ferreira Lopes, Professora Associada com Agregação, em exclusividade  
João Carlos Lopes de Carvalho, Professor Associada com Agregação, em exclusividade*

### 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
Alexandre Miguel Ferreira Lindote	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Física	20	Ficha submetida
Álvaro Manuel Reis da Rocha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Tecnologias e Sistemas de Informação	100	Ficha submetida
Ana Cristina Martins Rosa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática (Probabilidades e Estatística)	100	Ficha submetida
Anabela Pinto Rolo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Biologia Celular	100	Ficha submetida
António Dourado Pereira Correia	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Original: Automatique (França) Equivalência: Engenharia Electrotécnica - Instrumentação e Controlo	100	Ficha submetida
António Miguel Lino Santos Morgado	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física (especialidade Física Tecnológica)	100	Ficha submetida
Carlos Alberto Henggeler de Carvalho Antunes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
César Alexandre Domingues Teixeira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrónica e Computação (Especialidade: Processamento de Sinal Biomédico)	100	Ficha submetida
Cristóvão Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Jaime Baptista dos Santos	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrotécnica	100	Ficha submetida
João Carlos Lopes de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
João Manuel Rendeiro Cardoso	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física - ramo de Física Tecnológica	100	Ficha submetida
Jorge Afonso Cardoso Landeck	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física, Instrumentação	100	Ficha submetida
José Luis Esteves dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Maria Isabel Silva Ferreira Lopes	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Mário João Simões Ferreira dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Paulo Alexandre Vieira Crespo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Paulo Eduardo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Paulo Fernando Pereira de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Pedro Nuno San-Bento Furtado	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Informatica	100	Ficha submetida
Joana Maria Pina Cabral Matos Dias	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Organização e Gestão de Empresas / Investigação Operacional	100	Ficha submetida
Luis Miguel Cândido Dias	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Gestão	100	Ficha submetida

Patrícia Helena Ferreira Lopes de Moura e Sá	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Gestão	100	Ficha submetida
Pedro Augusto de Melo Lopes Ferreira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Economia	100	Ficha submetida
António Carlos Eva Miguéis	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Medicina	100	Ficha submetida
António José da Silva Bernardes	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Anatomia Normal	100	Ficha submetida
Francisco José Santiago Fernandes Amado Caramelo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciências Biomédicas	100	Ficha submetida
Liliana Rita Velindro Letra	Assistente convidado ou equivalente	Mestre		Medicina	30	Ficha submetida
Miguel de Sá e Sousa de Castelo Branco	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Medicina	100	Ficha submetida
Nuno David de Sousa Chichorro da Fonseca Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciências Biomédicas	100	Ficha submetida
Raquel Maria Fino Seiça	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Medicina (Ciências Fisiológicas)	100	Ficha submetida
Rui Manuel Dias Cortesão dos Santos Bernardes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciências da Saúde	100	Ficha submetida
Antero José Pena Afonso de Abrunhosa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciências Biomédicas	100	Ficha submetida
Francisco José Cerqueira Alves	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Ciências Biomédicas	30	Ficha submetida
Maria do Carmo Carrilho Calado Antunes Lopes	Professor Associado convidado ou equivalente	Doutor		Física da Radiação	20	Ficha submetida
Maria Carmem Fernandes de Sousa	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Radiações e Imagem Médica	20	Ficha submetida
Teresa Maria Caldeira Martins	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Biomedicina	5	Ficha submetida
Jorge Miguel Sousa Isidoro	Assistente ou equivalente	Mestre	Título de especialista (DL 206/2009)	Ciências da Saúde, Engenharia Biomédica	5	Ficha submetida
António Fernando Salgueiro Amaral	Professor Coordenador ou equivalente	Doutor	Título de especialista (DL 206/2009)	GESTÃO DE EMPRESAS - ESTRATÉGIA E COMPORTAMENTO ORGANIZACIONAL	0	Ficha submetida
					<b>3230</b>	

<sem resposta>

#### 5.4. Dados quantitativos relativos à equipa docente do ciclo de estudos.

##### 5.4.1. Total de docentes do ciclo de estudos (nº e ETI)

###### 5.4.1.1. Número total de docentes.

39

###### 5.4.1.2. Número total de ETI.

32.3

##### 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:	31	95.975232198142



#### 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):	31.95	98.916408668731	

#### 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	19	58.823529411765	32.3
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	1	3.0959752321981	32.3

#### 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	35	108.35913312693	32.3
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	1	3.0959752321981	32.3

#### Pergunta 5.5. e 5.6.

##### 5.5. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

*O procedimento de avaliação dos docentes da UC tem por base o disposto no "Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes da Universidade de Coimbra". A avaliação do desempenho dos docentes da UC é efetuada relativamente a períodos de três anos e tem em consideração quatro vertentes: investigação; docência; transferência e valorização do conhecimento; gestão universitária e outras tarefas.*

*O processo de avaliação compreende cinco fases (autoavaliação, validação, avaliação, audiência, homologação). O resultado final da avaliação de cada docente é expresso numa escala de quatro posições: excelente, muito bom, bom e não relevante. Antes de cada novo ciclo de avaliação, cada UO define, para as suas áreas disciplinares, o conjunto de parâmetros que determinam os novos objetivos do desempenho dos docentes e cada uma das suas vertentes, garantindo, assim, permanente atualização do processo.*

##### 5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

*The academic staff performance evaluation procedures of the University of Coimbra (UC) are set in the "Regulation of Teachers' Performance Evaluation of UC". The academic staff's performance evaluation at UC is made on a three years' basis and takes into account four dimensions: investigation, teaching, knowledge transfer, university management and other tasks.*

*The evaluation procedures have five stages (self-evaluation, validation, evaluation, audience, and homologation). The final evaluation of each academic staff member is expressed in a four points scale: excellent, very good, good and not relevant. Before each new evaluation cycle each OU identifies, for the subject areas, a set of parameters that define the new goals of academic staff's performance and its components, thus ensuring the continuous updating of the process.*

##### 5.6. Observações:

<sem resposta>

##### 5.6. Observations:

<no answer>

## 6. Pessoal Não Docente

##### 6.1. Número e regime de tempo do pessoal não-docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.

*No Departamento de Física, responsável por coordenar o Mestrado em Física Médica (MFM), o quadro de pessoal não docente*

*tem 9 funcionários em regime de dedicação exclusiva. Todos eles estão afetos aos ciclos de estudos lecionados no DF, que incluem o MFM.*

**6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.**

*In the Department of Physics, responsible for coordinating the MFM, the nonteaching staff comprises of 9 employees under permanent contract. They are all assigned to the study cycles coordinated by the DF, which include the MFM.*

**6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à leção do ciclo de estudos.**

*No Departamento de Física, responsável por coordenar o Mestrado em Física Médica (MFM), o quadro de pessoal não docente tem 9 funcionários, dois licenciados, três com o 12.º ano de escolaridade e os restantes 4 com qualificações inferiores ao 12º ano de escolaridade. Todos eles estão afetos aos ciclos de estudos lecionados no DF, que incluem o MFM.*

**6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.**

*In the Department of Physics, responsible for coordinating the MFM, the nonteaching staff comprises of 9 employees, two graduates, three with 12th grade, and the remaining four with qualifications lower than the 12th grade. They are all assigned to the study cycles coordinated by the DF, which include the MFM.*

**6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.**

*A Universidade de Coimbra garante uma avaliação do desempenho do seu pessoal não docente de acordo com o disposto na lei que rege o SIADAP que adotou o método de gestão por objetivos, estabelecendo uma avaliação do desempenho baseada na confrontação entre objetivos fixados e resultados obtidos. O processo de avaliação é bienal e concretiza-se: em reuniões com o avaliador, superior hierárquico imediato, para negociação e contratualização dos objetivos anuais e para comunicação dos resultados da avaliação; e no preenchimento de um formulário de avaliação. A avaliação visa identificar o potencial de desenvolvimento do pessoal e diagnosticar necessidades de formação. Para a aplicação do SIADAP, o processo é supervisionado pela Comissão Paritária e pelo Conselho Coordenador da Avaliação.*

**6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development**

*The University of Coimbra guarantees a performance evaluation of its non-teaching staff in accordance with the provisions of the law that governs the SIADAP that adopted a method of management by objectives, establishing a performance evaluation based on the comparison between established objectives and the obtained results. The evaluation process is biennial and takes place: in meetings with the evaluator, immediate hierarchical superior, for negotiation and contracting of the annual objectives and for communication of the results of the evaluation; and completing an evaluation form. The evaluation aims to identify the staff development potential and to diagnose training needs. For the SIADAP implementation, the process is overseen by the Joint Committee and the Evaluation Coordinating Council.*

## 7. Instalações e equipamentos

**7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):**

- *Aulas teóricas e teórico-práticas: em salas de aula no Departamento de Física (DF) e no ICNAS dotadas de modernos recursos multimédia.*
  - *As aulas laboratoriais de Física da Medicina Nuclear terão lugar no ICNAS e no Centro Hospitalar da Universidade de Coimbra (CHUC).*
  - *As aulas práticas de Fundamentos de Física Médica em Radioterapia, bem como as de Segurança e Proteção Radiológica em Ambiente Hospitalar, decorrerão no IPO Francisco Gentil, Coimbra.*
  - *Parte das aulas práticas de Física da Radiologia serão lecionadas no CHUC.*
  - *As aulas práticas de Anatomia e Fisiologia terão lugar na Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra.*
  - *As aulas de índole computacionais das várias unidades curriculares e as aulas práticas de "Práticas de Simulação Computacional" serão lecionadas num dos 3 laboratórios computacionais que o DF possui.*
- Os alunos terão acesso livre às Tecnologias de Informação (incluindo à Biblioteca do Conhecimento Online - b-on) e à excelente biblioteca do DF.*

**7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):**

- *The theoretical and problem solving lectures will be given at the Physics Department (PD) of the UC that are all equipped with multimedia projection.*
- *The lab. lectures of Nuclear Medicine Physics will take place at Institute of Nuclear Sciences Applied to Health (ICNAS) and at the Hospital Centre of the University of Coimbra (CHUC).*
- *The practical and lab. lectures of Fundamentals of Medical Physics in Radiotherapy, as well as those of Safety and Radiation Protection in Clinical Environment, will be at the Portuguese Institute of Oncology Francisco Gentil.*
- *The practical classes of Physics of Radiology will be given at the CHUC and those of Anatomy and Physiology will be at the Faculty of Medicine of the UC.*
- *The computational component of the various courses will be taught using one of the 3 computational laboratories in the PD. The students will have free access to Information Technologies (including the Online Knowledge Library, b-on) and the excellent Library of the PD.*

**7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):**

*No Departamento de Física existe um laboratório didático e 3 laboratórios científicos na área da Física Nuclear e da Radiação. Esses laboratórios têm vários equipamentos de deteção da radiação (espectroscopia gama e alfa, contadores proporcionados, etc.) e montagens de teste de desempenho de detetores de radiação que serão utilizados nas aulas práticas de Interação da*

**Radiação com a Matéria.**

O ICNAS dispõe de scanners de NMR e de PET/CT, um ciclotrão para a produção de isótopos, 4 “hot cells” e vários módulos de síntese. Este equipamento vai estar disponível para as aulas práticas de Física da Medicina Nuclear.

No IPO vão ser utilizados os seguintes equipamentos em aulas práticas: 3 Unidades de tratamento, 2 Sistemas de Planeamento e diverso equipamento de dosimetria: fantomas, câmaras de ionização, eletrómetros, etc.

**7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):**

*Regarding Nuclear and Radiation Physics, the Physics Department has one didactic lab and three research labs. The former is equipped with several radiation detection systems (as gamma and alpha spectrometers, proportional and Geiger counters). The research labs have multiple experimental set-ups for characterization of radiation detectors. All will be used for the “Interaction of Radiation with Matter” course.*

*ICNAS has NMR and PET/CT scanners, a cyclotron for radioisotope production, 4 hot cells and various radiopharmaceutical synthesis modules. It will be used for the lab sessions on Physics in Nuclear Medicine.*

*In IPO-Coimbra, the following equipment is available for lectures: 3 external radiotherapy treatment units, 2 treatment planning systems and dosimetric equipment as phantoms, ionization chambers, electrometers, etc.*

*Students will access to a computer room equipped with modern workstations and specialized software to perform Monte Carlo simulations and data analysis.*

## 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 da Universidade de Coimbra	Excepcional/Exceptional	Univ. de Coimbra	3	
Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP)	Muito bom/Very Good	Univ. de Coimbra/Univ. de Lisboa/ Univ. do Minho	3	
Laboratório de Instrumentação, Engenharia Biomédica e Física das Radiações (LIBPhys)	Muito bom/Very Good	Univ. de Coimbra/Univ. de Lisboa	2	
CNC.IBILI	Excelente/Excellent	Univ. de Coimbra	7	
Centro de Física da Universidade de Coimbra (CFisUC)	Suficiente/Fair	Univ. de Coimbra	1	
Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra (CISUC)	Muito Bom/Very Good	Univ. de Coimbra	5	
Institute for Systems Engineering and Computers (INESC-Coimbra)	Bom/Good	Univ. de Coimbra	3	
Centro de Estudos e Investigação em Saúde da Universidade de Coimbra (CEISUC)	Bom/Good	Univ. de Coimbra	2	
CIBIT - Coimbra Institute for Biomedical Imaging and Translational Research	Excelente/Excellent	Universidade de Coimbra	3	

### 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/d8734d1b-a697-c486-32ba-5ba926ec72e2>

**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/d8734d1b-a697-c486-32ba-5ba926ec72e2>

**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.**

- *From molecules to man: novel diagnostic imaging tools in neurological and psychiatric disorders (CENTRO-07-ST24-FEDER-00205)*

- *“Quantificação em PET: construção de um sistema distribuído não-invasivo para medida da função de entrada arterial”, PTDC/BBB-BMD/5378/2014 - COMPETE POCI-01-0145*

- *BING - Rede “Grid” de Imagiologia Cerebral (GRID/GRI/81833/2006)*

- *BRAINTRAIN— Taking imaging into the therapeutic domain: Self-regulation of brain systems for mental disorders (FP7-HEALTH-2013-INNOVATION-1 - 602186):*

- *From computational modelling and clinical research to the development of neuroimaging big data platforms for discovery of novel biomarker (CENTRO-01-0145-FEDER-000016)*

- *Computational Approaches for Radiotherapy Planning of Excellence (POCI-01-0145-FEDER-028030 (2018-2021)*
- *National Counterpart at the IAEA TC Project RER 6036 "Improving Radiotherapy Practices for Advanced Radiotherapy Technologies Including Quality Assurance and Quality Control", since December 2017*

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.

- *From molecules to man: novel diagnostic imaging tools in neurological and psychiatric disorders (CENTRO-07-ST24-FEDER-00205)*
- *"Quantificação em PET: construção de um sistema distribuído não-invasivo para medida da função de entrada arterial", PTDC/BBB-BMD/5378/2014 - COMPETE POCI-01-0145*
- *BING - Rede "Grid" de Imagiologia Cerebral (GRID/GRI/81833/2006)*
- *BRAINTRAIN— Taking imaging into the therapeutic domain: Self-regulation of brain systems for mental disorders (FP7-HEALTH-2013-INNOVATION-1 - 602186):*
- *From computational modelling and clinical research to the development of neuroimaging big data platforms for discovery of novel biomarker (CENTRO-01-0145-FEDER-000016)*
- *Computational Approaches for Radiotherapy Planning of Excellence (POCI-01-0145-FEDER-028030 (2018-2021)*
- *National Counterpart at the IAEA TC Project RER 6036 "Improving Radiotherapy Practices for Advanced Radiotherapy Technologies Including Quality Assurance and Quality Control", since December 2017*

## 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:

*Este Mestrado constituiu o primeiro passo da formação específica de físicos médicos prevista nas mais recentes recomendações europeias e internacionais. Os físicos médicos são os garantes da qualidade, otimização e segurança dos procedimentos de diagnóstico e terapêutica que utilizam radiações ionizantes e não ionizantes. Este Mestrado forma graduados altamente qualificados capazes de vir a intervir, após um período de treino clínico especializado previsto nas recomendações acima mencionadas e na legislação em vigor, como físicos médicos em ambiente clínico. Para além desta saída profissional, podem desempenhar funções científicas e técnicas especializadas em sectores - Indústria, Ambiente, Serviços, Investigação e Regulação - em que seja utilizada radiação ionizante e não-ionizante. Existe uma enorme falta de físicos médicos no país, registando-se consequentemente pleno emprego entre os graduados pelo único Mestrado de Física Médica do país.*

9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:

*This MSc is the first step in the specific training of medical physicists according to the latest European and international recommendations. Medical physicists are responsible for the quality, optimization and safety of diagnostic and therapeutic procedures that use ionizing and non-ionizing radiation. This Master Program prepares highly qualified graduates to intervene, after a period of specialized clinical training foreseen in the aforementioned recommendations and in the current legislation, as medical physicists in a clinical environment. In addition to the career of medical physicist, they can perform scientific and technical specialized functions in sectors - Industry, Environment, Services, Research and Regulation - in which ionizing and non-ionizing radiation is used. There is a huge shortage of medical physicists in the country, existing full employment among the graduates by the only Master Program in Medical Physics existent in the country.*

9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

*Com base na experiência do único Mestrado em Física Médica existente no país, assim como de um modo mais geral dos outros Mestrados que abordam a temática da utilização das radiações no domínio da Saúde, pode antecipar-se que este curso venha a ter uma procura muito significativa e que a totalidade das vagas seja preenchida. Este Mestrado tem igualmente, devido à sua elevada qualidade, a potencialidade de atrair estudantes estrangeiros, principalmente de Espanha e de Língua Portuguesa. Para atingir esse objetivo, a sua divulgação vai ser feita em portais de oferta formativa nacionais e internacionais.*

9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

*Based on the experience of the single Master Program in Medical Physics existing in the country, as well as in a more general way of the other Master Programs that deal with the use of the radiations in Health Sciences, it can be anticipated that this course will have a very strong demand and that the total number of places will be filled. Furthermore, due to its high quality, this Master Program has the potential to attract foreign students, mainly from Spain and Portuguese speaking countries. In order to achieve this objective, its dissemination will be done in national and international academic portals.*

9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

*Não existem ciclos de estudo em Física Médica na Região Centro (o único mestrado similar que existe no país é lecionado na Universidade do Porto). Por isso não foram feitas parcerias com outras Instituições de Ensino de Portugal. Por outro lado, estão já estabelecidas parcerias com instituições que prestam serviços médicos na área da imagiologia médica e radioterapia: o IPO-Coimbra, o CHUC e o ICNAS.*

9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

*There are no cycles of study in Medical Physics in the Central Area of Portugal (the only similar master program that exists in the country is taught at the University of Porto, in the North). Therefore, no partnerships were established with other Portuguese Teaching Institutions. On the other hand, partnerships are already in place with institutions that provide medical services in the area of medical imaging and radiotherapy: the IPO-Coimbra, CHUC and ICNAS.*

## 10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço europeu

10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com duração e estrutura semelhantes à proposta:

*No seu Policy Statement 12.1 [https://www.efomp.org/uploads/policy\\_statement\\_nr\\_12.1.pdf](https://www.efomp.org/uploads/policy_statement_nr_12.1.pdf), a EFOMP, que representa mais de 8100 físicos médicos europeus, faz recomendações sobre educação e treino dos físicos médicos na Europa, em coordenação com a Diretiva 2013/59/Euratom. Em linha com estas recomendações, existem na Europa muitos mestrados em Física Médica, conferindo uma formação de nível EQF 7 da formação e treino recomendados para os físicos médicos. São exemplos:*  
<https://www.surrey.ac.uk/physics/files/pdf/medphys.pdf>  
<https://www.postgrad.com/kings-college-london-university-of-london-single-tier-structure-medical-engineering-and-physics/course/470435/>  
<https://www.ictp.it/programmes/mmp.aspx>  
<https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/formation/master/m2-radiophysique-medicale#programme>  
*Este mestrado está de acordo com as recomendações acima referidas e é muito semelhante em termos de estrutura curricular com os mestrados acima mencionados.*

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

*In its Policy Statement 12.1 [https://www.efomp.org/uploads/policy\\_statement\\_nr\\_12.1.pdf](https://www.efomp.org/uploads/policy_statement_nr_12.1.pdf), EFOMP, that represents more than 8100 medical physicists, provides recommendations on education and training of medical physicists in Europe following the European Directive 2013/59/Euratom. In line with those recommendations many MSc. in Medical Physics programs can be found in different countries in Europe, conferring a EQF 7 level of the recommended medical physicist education and training. Here are some examples:*  
<https://www.surrey.ac.uk/physics/files/pdf/medphys.pdf>  
<https://www.postgrad.com/kings-college-london-university-of-london-single-tier-structure-medical-engineering-and-physics/course/470435/>  
<https://www.ictp.it/programmes/mmp.aspx>  
<https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/formation/master/m2-radiophysique-medicale#programme>  
*This MSc follows the above mentioned recommendations and its curricular structure is very similar to that of the MScs listed above.*

10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

*Em termos de conteúdos, o 1º ano deste MFM coincide com o 1º ano dos mestrados de referência, tais como os referidos em 10.1. A saber, um plano curricular centrado nos aspectos fundamentais da Física Médica: física dos métodos de imagem e da radioterapia, radiobiologia, física da radiação, bioestatística e métodos computacionais. É um curriculum exigente e de aprofundamento nos tópicos centrais da Física aplicada à Medicina que constitui a especificidade dos MFMs relativamente a outras formações do 2º ciclo envolvendo a aplicação da física à medicina, como por exemplo os mestrados em Engenharia Biomédica (MEB).*

*O 2º ano deste MFM está quase exclusivamente (48/60) dedicado à dissertação como acontece em muitos outros MFM. A dissertação será predominantemente realizada em ambiente hospitalar para o que facilitam as parcerias com o IPOFG, o CHUC e o ICNAS. Não é no entanto excluída a possibilidade de realizar a dissertação em laboratórios de investigação e em empresas desta área.*

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

*In terms of contents, the 1st year of the MFM proposed here coincides with the 1st year of the reference masters, such as those mentioned in 10.1. Namely, it has a curricular plan focused on the fundamental aspects of Medical Physics: physics of imaging methods and radiotherapy, radiobiology, radiation physics, biostatistics and computational methods. It is a curriculum demanding and deepening in the central topics of Physics applied to Medicine, which constitutes the specificity of MFMs relatively to other 2nd cycle of studies involving the application of physics to medicine, namely the medical image, as the Master in Biomedical Engineering.*  
*The second year of this MFM is almost exclusively (48/60) dedicated to the dissertation as it is the case in many other MFMs. The dissertation is mostly carried out in a clinical setting, which will be facilitated by the partnerships with IPOFG, CHUC and ICNAS. However, the dissertations in research laboratories and companies are also possible.*

## 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 - Não há estágios há protocolo com o IPO-Coimbra para teses e ensino/There are no internships;

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

*Não há estágios há protocolo com o IPO-Coimbra para teses e ensino/There are no internships;*

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

[11.1.2.\\_Protocolo-IPO\\_assinado.pdf](#)

11.2. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

### 11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

<sem resposta>

11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:

<no answer>

### 11.4. Orientadores cooperantes

11.4.1. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

11.4.1 Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.4.2. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por lei)

11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)

Nome / Name	Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional (1)/ Professional qualifications (1)	Nº de anos de serviço / Nº of working years
-------------	---	---	---	---

<sem resposta>

## 12. Análise SWOT do ciclo de estudos

12.1. Pontos fortes:

- Associação com o IPOCFG, ICNAS e CHUC, com valências em radioterapia, medicina nuclear, radiologia e ressonância magnética e de produção de radioisótopos, com disponibilidade para formação e investigação.
- Departamento de Física (DF) com centros de investigação em física e detetores de radiação, cuja atividade se estende já por mais de cinco décadas, com elevado prestígio internacional e excelente produtividade científica.
- O DF é responsável pela coordenação de prestigiados cursos de Física, Engenharia Física e Engenharia Biomédica, com todas as vagas preenchidas nos últimos anos.
- Corpo docente de professores com vínculo à instituição há muitos anos, complementado por profissionais doutorados especialistas em domínios cruciais da Física Médica (i.e., Física da Radioterapia, Física da Medicina Nuclear, Dosimetria e Proteção Radiológica) reconhecidos pela ACSS (Administração Central dos Serviços de Saúde) como Especialistas em Física Médica na respetiva área.
- Corpo docente de elevado mérito, com um registo excelente de investigação.

12.1. Strengths:

- Association with IPOCFG, ICNAS and CHUC, institutions with facilities covering radiotherapy, nuclear medicine, radiology, magnetic resonance and radioisotope production, and training and research activities.
- Department of Physics (DF) with research centers in the areas of radiation physics and radiation detectors whose activities spans over more than 5 decades, with high international recognition and excellent scientific productivity.
- DF is responsible for coordinating the programs of Physics, Physics Engineering and Biomedical Engineering, with all their positions filled in the past years.
- UC Academic staff with a contract with the institution for more than 5 years, complemented by PhD. Physicists from IPO and ICNAS that are specialists in crucial topics of Medical Physics (such as Radiotherapy Physics, Nuclear Medicine Physics and Dosimetry and Radiation Protection) and are recognized as Specialists in Medical Physics by the ACSS (Administração Central dos Serviços de Saúde) in their respective area.
- High merit academics with excellent research track.

12.2. Pontos fracos:

Não foram identificados pontos fracos

12.2. Weaknesses:

No weaknesses were identified.

### 12.3. Oportunidades:

- *Transposição para a legislação portuguesa da Diretiva 2013/59/Euratom que estabelece que o especialista em Física Médica deve possuir um Mestrado em Física Médica tal como o que aqui se propõe.*
- *Grande necessidade de físicos médicos (que não existem atualmente) por parte dos hospitais e clínicas, que tem sido inadequada e parcialmente suprida pela contratação pontual de físicos e engenheiros físicos sem formação específica em Física Médica.*
- *Aumento da empregabilidade dos físicos médicos a nível global como consequência do aumento esperado dos mercados globais de radioterapia (taxa de crescimento anual composta de 7.5% entre 2017 e 2024) e imagem médica (taxa de crescimento anual composta de 5.7% entre 2016 e 2023).*
- *A distinção de Coimbra pela União Europeia com a classificação de cidade e região referência para o Envelhecimento Ativo e Saudável abriu oportunidades de melhoria e de financiamento para o cluster da saúde em Coimbra, onde o MFM pode assumir um papel relevante.*

### 12.3. Opportunities:

- *Transposition to the Portuguese Law of the European Directive 2013/59/Euratom establishing that the recognition of a Medical Physics specialist must result from a structured qualification framework, to which the Master in Medical Physics conforms.*
- *Portuguese context characterized by ad-hoc fulfillment of the needs of hospitals and clinics, based on the occasional hiring of physicists and physics engineers without specific training in medical physics.*
- *Increased employability of Medical Physicists because of the expected growth of the global markets of radiotherapy (Compound annual growth rate – CAGR - of 7.5% between 2017 and 2024) and medical imaging (CAGR of 5.7% between 2016 and 2023).*
- *The classification, by the European Union, of the Coimbra region as a European reference site for active and healthy ageing opens possibilities, funding and improvement opportunities for the Coimbra's Health Cluster, where the Master in Medical Physics may assume a relevant role.*

### 12.4. Constrangimentos:

- *Criação de cursos similares noutras instituições de ensino superior.*
- *Aumento da atratividade das universidades localizadas nas zonas metropolitanas de Lisboa e Porto.*
- *Redução da taxa de natalidade em Portugal e na Região Centro com impacto na redução da procura do ensino superior.*
- *Dificuldades de financiamento do Sistema Nacional de Saúde têm limitado seriamente o investimento em equipamentos nas áreas de intervenção da Física Médica.*
- *Forte envelhecimento do corpo docente da Universidade de Coimbra, com idade média acima de 50 anos.*

### 12.4. Threats:

- *Creation of similar programs in other universities.*
- *Increasing attractivity of universities located in the metropolitan areas of Lisbon and Porto.*
- *Decrease of the birth rate in Portugal and, in particular, in the Center Region, resulting in a lower number of students seeking admission at the universities.*
- *Funding difficulties of the National Health System that seriously limit the investment in equipment in the areas concerning Medical Physics.*
- *Clear ageing of academic staff on the University of Coimbra, with average age above 50 years*

### 12.5. Conclusões:

*Da análise SWOT resulta claramente que existe um conjunto de oportunidades que justificam a criação do Mestrado em Física Médica. Resulta ainda que os recursos colocados à disposição do MFM, constituídos por recursos internos da UC e recursos obtidos através da parceria com o IPOCFG e CHUC, permitem colmatar os aspetos mais fracos da envolvente interna do programa de estudos e fazer face às ameaças externas com potencial para afetar a viabilidade e o sucesso do Mestrado. A oportunidade de criação do MFM é inegável. A transposição obrigatória para a legislação nacional da Diretiva 2013/59/Euratom vem obrigar à criação de programas de qualificação estruturados para o reconhecimento do especialista em Física Médica, com conteúdos e objetivos globais em termos de conhecimentos, aptidões e competências bem definidos. O MFM cumpre o formato recomendado por este documento e segue a recomendação de separação clara entre a formação académica e o treino clínico. A oportunidade resulta também da empregabilidade dos graduados do MFM. O envelhecimento da população com o conseqüente aumento da incidência de doenças oncológicas e de outras patologias crónicas leva ao aumento do número de tratamentos de radioterapia e de exames de imagiologia. Tal reflete-se nos valores das taxas de crescimento anual compostas para as áreas da radioterapia e da imagem médica.*

*O MFM será coordenado pelo Departamento de Física (DF) da UC. O DF tem uma já longa história de investigação e desenvolvimento na área da Física da Radiação e dos Detetores e suas aplicações, nomeadamente médicas. Tem um corpo docente de elevada qualidade e é responsável pela coordenação dos cursos de Física, Engenharia Física e Engenharia Biomédica que são a origem mais natural de futuros alunos do MFM.*

*O ICNAS possui infraestruturas e equipamento na área da imagem e radiação ímpares a nível nacional, que incluem o único ciclotrão público de Portugal, uma unidade de produção de radiofármacos, um scanner PET e a ressonância magnética de 3T, com os equipamentos de imagem replicados para estudos animais (ressonância magnética de 9.4 T e câmara PET RPC, desenvolvida no DF).*

*O IPOCFG, EPE é a instituição de tratamento oncológico de referência na região centro de Portugal dispendo de equipamento avançado de radioterapia, algum único em Portugal como é o caso da unidade de Tomoterapia. O seu Serviço de Física Médica é um dos dois únicos existentes no país, o que reforça a colaboração no âmbito deste MFM.*

*A participação conjunta destas entidades no MFM garante o acesso dos alunos a um conjunto de infraestruturas, equipamento e conhecimentos capaz de colocar a atratividade deste programa de estudos acima da de programas congéneres em Portugal. Achamos que podemos superar as ameaças colocadas pela tendência demográfica negativa e pela maior atratividade geral das universidades localizadas nas zonas metropolitanas do Porto e de Lisboa.*

### 12.5. Conclusions:

*From the SWOT analysis, we can clearly conclude that there is a set of opportunities that justify the creation of the Master in Medical Physics (MMP). We can also conclude that the resources allocated to the MMP, comprising both UC internal resources*

*and external resources from partnerships with IPOCFG and CHUC, overcome the weakest aspects of the MMP internal setting and the external threats that could compromise its viability and success.*

*The opportunity for creating the MMP is undeniable. The mandatory transposition of the Directive 2013/59/Euratom forces the creation of qualification programs structured for the recognition of the Medical Physics specialist, with well-defined contents and global objectives in terms of knowledge, competences and skills. The MMP complies with the Directive and follows the recommendation for a clear separation between academic and clinical training.*

*The opportunity also arises from the employability of the MMP graduates. Population ageing with consequent increase in the incidence of oncologic diseases and chronic pathologies implies an increasing number of radiotherapy treatments and imaging procedures. That is reflected in compound annual growth rates for the areas of radiotherapy and medical imaging.*

*The MMP will be coordinated by the Department of Physics (DP). The DP has an already long history of research and development in the area of Radiation Physics and Detectors, with two research units of excellence present in highly relevant international collaborations. Its academic staff is of very high quality and it is responsible for the coordinating the degrees in Physics, Physics Engineering and Biomedical Engineering, which are the most natural origin for the future MMP students.*

*ICNAS has infrastructures and equipment in the image and radiation area truly unmatched in Portugal. Those include the only public cyclotron, a unit for radiopharmaceuticals production, a PET scanner and a 3T MRI scanner, with the imaging equipment replicated for animal studies (9.4 T MRI scanner and PET-RPC scanner, developed in the DP).*

*IPOCFG, EPE is the reference institution for cancer treatment in the center region of Portugal. It has advanced equipment for radiotherapy, some unique in Portugal as the tomotherapy unit. Its Medical Physics Service is one of the only two in Portugal, a fact that reinforces the collaboration in the framework of this MMP program.*

*The joint participation of these entities in the MMP warrants the students access to an unrivaled set of infrastructures, equipment and knowledge capable of raising the attractiveness of this Master program above that of similar programs. We think that we can overcome the threats placed by the negative demographic trend and by the higher general allure of the universities located in Lisbon and Porto. None of these universities can offer the capabilities made available to the MMP, particularly in what concerns the production of radionuclides and radiopharmaceuticals.*