

ACEF/2122/0511287 — Guião para a auto-avaliação

I. Evolução do ciclo de estudos desde a avaliação anterior

1. Decisão de acreditação na avaliação anterior.

1.1. Referência do anterior processo de avaliação.

ACEF/1516/0511287

1.2. Decisão do Conselho de Administração.

Acreditar com condições

1.3. Data da decisão.

2016-10-19

2. Síntese de medidas de melhoria do ciclo de estudos desde a avaliação anterior, designadamente na sequência de condições fixadas pelo CA e de recomendações da CAE.

2. Síntese de medidas de melhoria do ciclo de estudos desde a avaliação anterior, designadamente na sequência de condições fixadas pelo CA e de recomendações da CAE (Português e em Inglês, PDF, máx. 200kB).

[2._Síntese de medidas de melhoria do ciclo de estudos-Pt-In_3.pdf](#)

3. Alterações relativas à estrutura curricular e/ou ao plano de estudos(alterações não incluídas no ponto 2).

3.1. A estrutura curricular foi alterada desde a submissão do guião na avaliação anterior?

Não

3.1.1. Em caso afirmativo, apresentar uma explanação e fundamentação das alterações efetuadas.

<sem resposta>

3.1.1. If the answer was yes, present an explanation and justification of those modifications.

<no answer>

3.2. O plano de estudos foi alterado desde a submissão do guião na avaliação anterior?

Sim

3.2.1. Em caso afirmativo, apresentar uma explanação e fundamentação das alterações efetuadas.

A reestruturação do plano curricular aqui apresentada visa responder às necessidades do PRODEF que asseguram resposta às propostas de melhoria anteriormente mencionadas, em particular o aumento da transversalidade da oferta formativa, aumento da participação da FCUP a nível do plano curricular e da articulação entre ambas as faculdades, aumento da participação de outros Departamentos da FEUP, mapeamento das áreas científicas do MEF (ou percursor MIEF) e partilha com outros programas doutorais de áreas afins.

1) Transversalidade e flexibilidade: Para além das diferentes áreas disciplinares associadas à oferta formativa do Mestrado em Engenharia Física, que concentram a maioria dos estudantes atuais do PRODEF, pretende-se que o PRODEF alinhe a atratividade de estudantes de outros mestrados da Universidade do Porto e de outras universidades nacionais e internacionais com o carácter transversal da área de Engenharia Física. Neste sentido surgem duas UCs com carácter transversal que permitem uma adequação ao tema de tese de interesse do estudante: i) Seminários e ii) Engenharia Física dos Dados e Computação.

2) Reforço da oferta formativa em colaboração e articulação com outros departamentos da FEUP e FCUP:

a. Respondendo a um crescente interesse por parte dos estudantes e atividades de IDI na área de materiais e energia são incluídas as UCs opcionais de i) Energia Solar e ii) Biomassa e Biocombustíveis, em partilha com o Programa Doutoral em Engenharia Mecânica do DEMec. Ficam desta forma a ser três as UCs desta área científica no PRODEF.
b. Inclusão da UC opcional de Manipuladores Robóticos que dá continuidade à UC de Robótica incluída no MEF aquando da sua recente criação a partir do percursor MIEF. Estas duas UCs permitem uma melhor articulação entre MEF e PRODEF na área. Esta UC será partilhada com o Programa Doutoral em Engenharia Eletrotécnica do DEEC.
c. Inclusão de uma UC opcional de Engenharia Física Nuclear, da Radiação e das Partículas, com aplicação às áreas da Física Médica e da Energia, coordenada pelo DEF e em estreita colaboração com o DFA da FCUP. Esta UC pretende responder a um crescente interesse na área de Física Médica, em coordenação com a correspondente oferta do MEF, assim como a fornecer à área de Energia os fundamentos de Engenharia Física Nuclear da Radiação.
d. Na sequência da integração em 2010 da área da Astronomia da FCUP no Departamento de Física desta escola,

constituindo-se assim o Departamento de Física e Astronomia (DFA), pretende-se no PRODEF proporcionar uma oferta formativa de 3º ciclo no domínio da instrumentação para o espaço. Tendo em conta as competências do DEF também nesta área, será criada a UC de Engenharia Espacial, a qual, em articulação com a nova UC que se propõe instituir de Engenharia Física dos Dados e Computação e com outras UCs de natureza transversal, tornará possível as condições para a concretização dessa oferta formativa.

3.2.1. If the answer was yes, present an explanation and justification of those modifications.

The restructuring of the curricular plan proposed here aims to respond to PRODEF's needs that ensure a response to the aforementioned improvement proposals, in particular the increase in the transversality of the training offer, increased participation of FCUP in terms of the curriculum and the articulation between both faculties, increased participation of other FEUP Departments, mapping of the scientific areas of the MEF (or MIEF precursor) and sharing with other doctoral programs in related areas.

1) Transversality and flexibility: In addition to the disciplinary areas associated with the training offer of the Masters in Engineering Physics, which concentrate the majority of current PRODEF students, PRODEF is intended to align attractiveness of students for other masters at the University of Porto and from other national universities with the transversal character that characterizes the Engineering Physics area. In this sense, two CUs with a transversal character that allow an adaptation to the thesis theme of interest to the student were added: i) Seminars and ii) Physical Engineering of Data and Computing.

2) Reinforcement of the training offer in collaboration and articulation with other departments of FEUP and FCUP:

a) Responding to a growing interest from the students on RDI activities in the area of materials and energy, the optional CUs of i) Solar Energy and ii) Biomass and Biofuels are included, shared with the Doctoral Program in Mechanical Engineering of DEMec. Thus, there will be three CUs in this scientific area in PRODEF.

b) Inclusion of the optional Robotic Manipulators CU that continues the Robotics CU included in the MEF when it was recently created from the MIEF precursor. These two CUs allow for a better articulation between MEF and PRODEF in the area. This CU will be shared with DEEC's Doctoral Program in Electrotechnical Engineering.

c) Inclusion of an optional CU of Nuclear, Radiation and Particle Physics Engineering, with application to the areas of Medical Physics and Energy, coordinated by DEF and in close collaboration with the DFA at FCUP. This UC intends to respond to a growing interest in the area of Medical Physics, in coordination with the corresponding offer of the MEF, as well as to provide the area of Energy with the fundamentals of Nuclear Physics of Radiation Engineering.

d) Following the integration in 2010 of the field of Astronomy at FCUP in the Department of Physics of this school, thus constituting the Department of Physics and Astronomy (DFA), PRODEF is intended to provide a 3rd cycle training offer in the field of instrumentation for the space. Taking into account the competences of the DEF also in this area, the CU of Space Engineering will be created, which, in conjunction with the new CU that proposes to establish the Physical Engineering of Data and Computation and with other CUs of a transversal nature, will make possible the conditions for the establishment of this training offer.

4. Alterações relativas a instalações, parcerias e estruturas de apoio aos processos de ensino e aprendizagem (alterações não incluídas no ponto 2)

4.1. Registaram-se alterações significativas quanto a instalações e equipamentos desde o anterior processo de avaliação?

Não

4.1.1. Em caso afirmativo, apresentar uma breve explanação e fundamentação das alterações efetuadas.

<sem resposta>

4.1.1. If the answer was yes, present a brief explanation and justification of those modifications.

<no answer>

4.2. Registaram-se alterações significativas quanto a parcerias nacionais e internacionais no âmbito do ciclo de estudos desde o anterior processo de avaliação?

Não

4.2.1. Em caso afirmativo, apresentar uma síntese das alterações ocorridas.

<sem resposta>

4.2.1. If the answer was yes, present a synthesis of those changes.

<no answer>

4.3. Registaram-se alterações significativas quanto a estruturas de apoio aos processos de ensino e aprendizagem desde o anterior processo de avaliação?

Não

4.3.1. Em caso afirmativo, apresentar uma síntese das alterações ocorridas.

<sem resposta>

4.3.1. If the answer was yes, present a synthesis of those changes.*<no answer>***4.4. (Quando aplicável) registaram-se alterações significativas quanto a locais de estágio e/ou formação em serviço, protocolos com as respetivas entidades e garantia de acompanhamento efetivo dos estudantes durante o estágio desde o anterior processo de avaliação?***Não***4.4.1. Em caso afirmativo, apresentar uma síntese das alterações ocorridas.***<sem resposta>***4.4.1. If the answer was yes, present a synthesis of those changes.***<no answer>***1. Caracterização do ciclo de estudos.****1.1 Instituição de ensino superior.***Universidade Do Porto***1.1.a. Outras Instituições de ensino superior.****1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):***Faculdade De Engenharia (UP)***1.2.a. Outra(s) unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.) (proposta em associação):****1.3. Ciclo de estudos.***Engenharia Física***1.3. Study programme.***Physics Engineering***1.4. Grau.***Doutor***1.5. Publicação do plano de estudos em Diário da República (PDF, máx. 500kB).**[1.5._Despacho n. 7830 2017.pdf](#)**1.6. Área científica predominante do ciclo de estudos.***Engenharia Física, Física Aplicada***1.6. Main scientific area of the study programme.***Physics Engineering, Applied Physics***1.7.1. Classificação CNAEF – primeira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos):***441***1.7.2. Classificação CNAEF – segunda área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:***440***1.7.3. Classificação CNAEF – terceira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:***529***1.8. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau.***180*

1.9. 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):*3 Anos***1.9. Duration of the study programme (article 3, DL no. 74/2006, March 24th, as written in the DL no. 63/2016, of September 13th):***3 Years***1.10. Número máximo de admissões.***9***1.10.1. Número máximo de admissões pretendido (se diferente do número anterior) e respetiva justificação.***<sem resposta>***1.10.1. Intended maximum enrolment (if different from last year) and respective justification.***<no answer>***1.11. Condições específicas de ingresso.***Podem candidatar-se a este ciclo de estudos:*

- i) os titulares do grau de mestre, diploma de segundo ciclo, ou equivalentes legais, em áreas de Engenharia Física, Engenharia, Física Aplicada ou Física;*
- ii) os titulares do grau de licenciado, nas áreas de i) ou afins, detentores de um currículo escolar ou científico especialmente relevante que seja reconhecido como atestando capacidade para a realização deste ciclo de estudos pela Comissão Científica;*
- iii) os detentores de currículo escolar, científico ou profissional, nas áreas de i) ou afins, que seja reconhecido como atestando capacidade para a realização deste ciclo de estudos pela Comissão Científica.*

1.11. Specific entry requirements.*Applicants must fulfill one of the requisites below:*

- a) Holders of a Master or a second cycle diploma in Engineering Physics, Engineering, Applied Physics or Physics;*
 - b) Holders of a diploma from a certified Higher Education entity, obtained either in a Portuguese or foreign institution, recognized as adequate by the program Scientific Committee;*
 - c) Have a professional or scientific curriculum recognized as relevant and adequate by the program Scientific Committee;*
- Applicants with published research of the level required for PhD can apply directly for a PhD evaluation. Special conditions apply.*

1.12. Regime de funcionamento.*Diurno***1.12.1. Se outro, especifique:***NA***1.12.1. If other, specify:***NA***1.13. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:***O ciclo de estudos é ministrado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.**Os estudantes poderão desenvolver a sua tese de doutoramento em Centros de Investigação.**Desde a criação do ciclo de estudos que os estudantes inscritos desenvolveram os seus trabalho de tese nos Centros:*

- a) LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia;*
- b) Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear;*
- c) INEGI - Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial;*
- d) Laboratório de Sistemas, Instrumentação e Modelação em Ciências e Tecnologias do Ambiente e do Espaço (até 31/12/2014);*
- e) Centro Multidisciplinar em Astrofísica (desde 01/01/2015).*

1.14. Regulamento de creditação de formação académica e de experiência profissional, publicado em Diário da República (PDF, máx. 500kB).[1.14._Regulamento_42-2019 Regulamento de Creditação.pdf](#)**1.15. Observações.***NA***1.15. Observations.**

NA

2. Estrutura Curricular. Aprendizagem e ensino centrados no estudante.

2.1. Percursos alternativos, como ramos, variantes, áreas de especialização de mestrado ou especialidades de doutoramento, em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável)

2.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches, options, profiles, major/minor, or other forms of organisation compatible with the structure of the study programme (if applicable)

Opções/Ramos/... (se aplicável):

Options/Branches/... (if applicable):

<sem resposta>

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

2.2. Estrutura Curricular -

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

<sem resposta>

2.2.1. Branches, options, profiles, major/minor, or other (if applicable)

<no answer>

2.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained before a degree is awarded

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos Optativos / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Engenharia Física/Qualquer área científica da UPorto (ao nível do 3.º ciclo)/Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	EFIS/QACUP/EEC	0	12	
Engenharia Física/Physics Engineering	EFIS	162	0	
Gestão e Administração /Management and Administration	GADM	6		
(3 Items)		168	12	

2.3. Metodologias de ensino e aprendizagem centradas no estudante.

2.3.1. Formas de garantia de que as metodologias de ensino e aprendizagem são adequadas aos objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) a desenvolver pelos estudantes, favorecendo o seu papel ativo na criação do processo de aprendizagem.

i) As etapas de acompanhamento do processo inerentes ao programa doutoral:

a) a uc de Ensaio, que decorre no 1º ano, pressupõe a avaliação do estado de arte e trabalhos futuros de doutoramento;

b) a aprovação da inscrição definitiva que contempla o plano de tese e equipa de orientação, aprovada pela CC do PRODEF e Faculdade;

c) a uc de Tese que inclui a elaboração de um relatório semestral de evolução da tese;

d) inquérito de aferição, no início do ano letivo, de ponto de situação dos estudantes.

ii) Encontro anual do programa doutoral onde, num misto de formalidade e informalidade, os estudantes apresentam o trabalho que estão a realizar e expõem as principais dificuldades e condicionalismos.

iii) Na maioria das UC são estimulados a) o trabalho autónomo, b) a pesquisa e organização de informação e

bibliografia, e c) a ligação a temas de investigação atuais. Os docentes disponibilizam material de apoio que tanto se destina à preparação da aula como ao trabalho autónomo.

2.3.1. Means of ensuring that the learning and teaching methodologies are coherent with the learning outcomes (knowledge, skills and competences) to be achieved by students, favouring their active role in the creation of the learning process.

i) The process evaluation steps inherent to the doctoral program:

a) the uc of Essay, which takes place in the 1st year, presupposes the assessment of the state of the art and future doctoral work;

b) the approval of the final registration that includes the thesis plan and the guidance team, approved by the CC of the Doctoral Program and Faculty;

c) the UC of the Thesis, which includes the preparation of a biannual report on the evolution of the thesis;

d) conducting a survey to assess the status of students.

ii) An annual meeting of the doctoral program where, in a mix of formality and informality, students present the work they are carrying out and expose the main difficulties and constraints.

iii) Almost every curricular unit stimulates self-work, research, information and references management and the connection to current research themes. Support material is made available by faculty, which can be used not only for classes' preparation but also for student's self-work.

2.3.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS.

A definição dos conteúdos das UCs é orientada pelo princípio de que cada ECTS deverá corresponder a um esforço total de +- de 27h de trabalho do estudante. O n. h (horas) de contacto é de +- 1/3 do n. de h total. Estima-se que os alunos dependem os outros 2/3 em estudo autónomo, trabalhos escritos, preparação de apresentações, e realização de exames/testes. Fica a cargo do docente a definição da relação h de contacto/h de trabalho, sendo que se justifica que as UCs sejam na sua maioria tutoriais num doutoramento (PhD) desta transversalidade. O eventual excesso de volume de trabalho associado a uma UC é aferido nos processos de avaliação internos do PRODEF mencionados no ponto 2.3.1.

Um projeto de PhD tem um conjunto de características únicas, uma delas o envolvimento intenso do estudante na investigação do problema em análise, o que por regra se traduz numa carga média de trabalho muito superior à que resulta do número de ECTS associado à parte de tese do PhD, por ex. na UC Tese.

2.3.2. Means of verifying that the required average student workload corresponds to the estimated in ECTS.

The definition of the contents of the CU is guided by the principle that each ECTS should correspond to a total effort of about 27h of student work. The n. of contact h (hours) is about 1/3 of the total number of h. It is estimated that students spend the other 2/3 on self-study, writing assignments, preparing presentations, and taking exams/tests. It is up to the teacher to define the contact hours/working hours ratio, and it is justified that the CUs are mostly tutorials in a doctoral program of this transversal nature. Any excess workload associated with a CU is measured in the internal PRODEF evaluation processes mentioned in point 2.3.1.

A PhD project has a set of unique characteristics, one of which is the intense involvement of the student in the investigation of the problem under analysis, which as a rule translates into an average workload much higher than that resulting from the number of ECTS associated with the thesis part of the doctoral program, e.g. at Thesis CU.

2.3.3. Formas de garantia de que a avaliação da aprendizagem dos estudantes é feita em função dos objetivos de aprendizagem.

Relativamente à componente curricular do PRODEF cabe ao responsável de cada UC e aos docentes que colaboram na sua lecionação, a definição dos métodos de avaliação e a sua adaptação aos objetivos de aprendizagem. A forma de avaliação é divulgada na ficha da UC. Para algumas UCs, como Ensaio e Tese, é ainda definido um júri específico, o que é especialmente útil quando um docente único assegura o seu funcionamento.

A avaliação no contexto de um doutoramento (PhD) situa-se a um nível que tem acentuada correlação com os objetivos de aprendizagem, no caso, ficar familiarizado e ser interveniente no processo da investigação. A concretização bem-sucedida de um PhD implica também publicações em revistas científicas de circulação internacional, participação em conferências, interação com grupos com atividade de investigação relacionada, assim como contacto com os mecanismos de obtenção de financiamento para a área.

2.3.3. Means of ensuring that the student assessment methodologies are aligned with the intended learning outcomes.

For the case of PRODEF curricular component it is up to the person responsible for each CU and collaborating teachers to define the assessment methods and adapt them to the learning objectives. The form of assessment is disclosed in the CU form. For some CU, like Essay and Thesis, a separate jury is also defined, which is particularly useful when a single teacher ensures the functioning of the CU) whose function is to ensure that the rules of evaluation stipulated in the CU form are correct.

The assessment in the context of a Ph.D. occurs at a level that has a strong correlation with the learning objectives, i.e., to become familiarized and gather the ability to interview in the research process. The successful completion of a Ph.D. also implies publications in scientific journals of international circulation, participation in conferences,

interaction with groups with related research activities, as well as contact with the mechanisms for obtaining funding for research.

2.4. Observações

2.4 Observações.

A estrutura curricular do PRODEF foi desenhada para:

i) complementar e/ou aprofundar um conjunto de conhecimentos de ciência e tecnologia em relação aos quais os estudantes poderão ter tido contacto diverso atendendo à sua trajetória de 1º e 2º ciclos, ii) situar, projetar e preparar as várias fases do trabalho de investigação que irão realizar e, iii) proporcionar competências de natureza transversal relevantes para uma formação doutoral em engenharia física (por exemplo, ao nível do empreendedorismo).

2.4 Observations.

The curricular structure of PRODEF was designed to:

i) complement and/or deepen knowledge in science and technology in relation to which students may have had different contact given their trajectory in the 1st and 2nd cycles, ii) situate, project and prepare the various phases of the research work they will carry out and, iii) provide skills of a transversal nature relevant to a doctoral training in physical engineering (for example, at the level of entrepreneurship).

3. Pessoal Docente

3.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação do ciclo de estudos.

3.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação do ciclo de estudos.

Joana Cacilda Rodrigues Espain Oliveira (Direção, Professora Associada, tempo integral)

Adriano da Silva Carvalho (Comissão Científica, Professor Catedrático, tempo integral)

Joaquim Agostinho Gomes Moreira (Comissão Científica, Professor Associado, tempo integral)

José Luis Campos de Oliveira Santos (Comissão Científica, Professor Catedrático, tempo integral)

Maria Helena Sousa Soares de Oliveira Braga (Comissão Científica, Professora Associada, tempo integral)

Paulo Jorge Valente Garcia (Comissão de Acompanhamento, Professor Associado, tempo integral)

Joana Cacilda Rodrigues Espain Oliveira (Direction)

Adriano da Silva Carvalho (Scientific Commission member)

Joaquim Agostinho Gomes Moreira (Scientific Commission member)

José Luis Campos de Oliveira Santos (Scientific Commission member)

Maria Helena Sousa Soares de Oliveira Braga (Scientific Commission member)

Paulo Jorge Valente Garcia (Monitoring Commission member)

3.3 Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)

3.3. 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 link	Informação/ Information
Carlos Daniel Diogo Matias Pintassilgo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Joana Cassilda Rodrigues Espain Oliveira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Paulo Jorge Valente Garcia	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Paulo Manuel de Araújo Sá	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Vítor Manuel Grade Tavares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Joaquim Agostinho Gomes Moreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Paulo Vicente da Silva Marques	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Manuel Joaquim Bastos Marques	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Adriano da Silva Carvalho	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
					900	

<sem resposta>

3.4. Dados quantitativos relativos à equipa docente do ciclo de estudos.

3.4.1. Total de docentes do ciclo de estudos (nº e ETI)

3.4.1.1. Número total de docentes.

9

3.4.1.2. Número total de ETI.

9

3.4.2. Corpo docente próprio do ciclo de estudos

3.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos em tempo integral / Number of teaching staff with a full time employment in the institution.*

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº de docentes / Staff number	% em relação ao total de ETI / % relative to the total FTE
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution:	9	100

3.4.3. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado

3.4.3. 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	Nº de docentes (ETI) / Staff number in FTE	% em relação ao total de ETI* / % relative to the total FTE*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff holding a PhD (FTE):	9	100

3.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

3.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / Specialised teaching staff of the study programme

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	Nº de docentes (ETI) / Staff number in FTE	% em relação ao total de ETI* / % relative to the total FTE*
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	9	100
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0

3.4.5. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação

3.4.5. 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	Nº de docentes (ETI) / Staff number in FTE	% em relação ao total de ETI* / % relative to the total FTE*
Docentes do ciclo de estudos de carreira com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Career teaching staff of the study programme with a link to the institution for over 3 years	9	100
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year	0	0

4. Pessoal Não Docente

4.1. Número e regime de dedicação do pessoal não docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.

Uma parte do pessoal não docente encontra-se ligado aos principais Dep. envolvidos no PRODEF e outra está ligada aos Serviços Académicos (SERAC).

Os elementos dos dep. garantem as atividades de administração, gestão, secretariado e de apoio técnico laboratorial. Destes, 2 DEF e 3 DFA são técnicos, que dão apoio às aulas laboratoriais, com apoio direto em tarefas de ensino, investigação e serviços, incluindo as que se relacionam com o PRODEF. Afetos aos diferentes centros de investigação e institutos de interface existem ainda outras equipas de apoio técnico de laboratório.

Os SERAC exercem a sua atividade no âmbito da administração, da gestão e do apoio às formações pré e pós-graduada e à educação contínua e a área de gestão de estudante, de acordo com as instruções tutelares e as diretivas dos Órgãos de Gestão, constituindo a relação com o estudante o vetor essencial da sua atuação. Contam com 21 RH a tempo inteiro, que dão apoio transversal a todos os CE/cursos da FEUP.

4.1. Number and employment regime of the non-academic staff allocated to the study programme in the present year.

A part of the non-a. staff is linked to the main Dep. involved in PRODEF and another part is linked to Academic Services (SERAC).

The elements of the dep. guarantee the activities of administration, management, secretariat and laboratory technical support. Of these elements, 2 DEF and 3 DFA are technicians, who support laboratory classes, with direct support teaching, research and service tasks, including those related to PRODEF. There are also other laboratory technical support teams assigned to the different research centers and interface institutes.

SERACs carry out their activity in the field of administration, management and in the support to undergraduate and post-graduate training and continuing education and the area of student management, in accordance with the tutelary instructions and directives of the Management Bodies, making the relationship with the student the essential vector of their performance. They have 21 HR, who provide transversal support to all FEUP courses.

4.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.

Dos 21 recursos humanos afetos aos Serviços Académicos, 4 possuem mestrado, 12 licenciatura e 5 o ensino secundário. O número de recursos humanos dos Serviços Académicos com formação superior ajusta-se ao aumento de complexidade do serviço e às suas necessidades, tendo-se verificado uma evolução em termos de habilitações, que se reflete indiretamente na qualidade do trabalho realizado.

4.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.

From the 21 human resources affected to Academic Services, 4 have master degree, 12 are graduated and 5 are not graduated. The number of human resources of Academic Services with higher training adjusts to the increase in the complexity of the service and to their needs, an evolution in terms of qualifications has been verified, which is indirectly reflected in the quality of the work carried out.

5. Estudantes

5.1. Estudantes inscritos no ciclo de estudos no ano letivo em curso

5.1.1. Estudantes inscritos no ciclo de estudos no ano letivo em curso

5.1.1. Total de estudantes inscritos.

8

5.1.2. Caracterização por género

5.1.1. Caracterização por género / Characterisation by gender

Género / Gender	%
Masculino / Male	62.5
Feminino / Female	37.5

5.1.3. Estudantes inscritos por ano curricular.

5.1.3. Estudantes inscritos por ano curricular / Students enrolled in each curricular year

Ano Curricular / Curricular Year	Nº de estudantes / Number of students
2020/2021	8
	8

5.2. Procura do ciclo de estudos.

5.2. Procura do ciclo de estudos / Study programme's demand

	Penúltimo ano / One before the last year	Último ano/ Last year	Ano corrente / Current year
N.º de vagas / No. of vacancies	9	9	9
N.º de candidatos / No. of candidates	6	4	4
N.º de colocados / No. of accepted candidates	6	4	4
N.º de inscritos 1º ano 1ª vez / No. of first time enrolled	3	4	4
Nota de candidatura do último colocado / Entrance mark of the last accepted candidate	0	0	0
Nota média de entrada / Average entrance mark	0	0	0

5.3. Eventual informação adicional sobre a caracterização dos estudantes

5.3. Eventual informação adicional sobre a caracterização dos estudantes.

Atualmente os estudantes mais recentes são na sua maioria provenientes do Mestrado Integrado em Engenharia Física, atual Mestrado em Engenharia Física.

5.3. Eventual additional information characterising the students.

The most recent students were previous students of the Integrated Masters in Engineering Physics, the precursor of the current Master in Engineering Physics.

6. Resultados

6.1. Resultados Académicos

6.1.1. Eficiência formativa.

6.1.1. Eficiência formativa / Graduation efficiency

	Antepenúltimo ano / Two before the last year	Penúltimo ano / One before the last year	Último ano / Last year
N.º graduados / No. of graduates	1	0	0
N.º graduados em N anos / No. of graduates in N years*	0	0	0
N.º graduados em N+1 anos / No. of graduates in N+1 years	0	0	0
N.º graduados em N+2 anos / No. of graduates in N+2 years	0	0	0
N.º graduados em mais de N+2 anos / No. of graduates in more than N+2 years	1	0	0

Pergunta 6.1.2. a 6.1.3.

6.1.2. Apresentar relação de teses defendidas nos três últimos anos, indicando, para cada uma, o título, o ano de conclusão e o resultado final (exclusivamente para cursos de doutoramento).

Modelling and simulation of plasma thrusters for electric propulsion technologies, 2018, aprovação por unanimidade

6.1.2. List of defended theses over the last three years, indicating the title, year of completion and the final result (only for PhD programmes).

Modelling and simulation of plasma thrusters for electric propulsion technologies, 2018, unanimously approved

6.1.3. Comparação do sucesso escolar nas diferentes áreas científicas do ciclo de estudos e respetivas unidades curriculares.

O sucesso escolar, no que diz respeito às unidades curriculares das diferentes áreas de especialização, é de 100% dos estudantes avaliados em todas as UC's. As teses defendidas tiveram aprovação por unanimidade. A taxa de sucesso é elevada e semelhante entre todas as áreas científicas. Isto deve-se a i) um processo de seleção muito rigoroso e ii) ao limitado número de estudantes, o que permite um acompanhamento personalizado quer no diagnóstico quer na resolução de dificuldades.

6.1.3. Comparison of the academic success in the different scientific areas of the study programme and the respective curricular units.

The school success, with regard to the curricular units of the different scientific specialization areas, is 100% of students evaluated in all the CU's. The theses defended were unanimously approved. The success rate is very high and similar among all the scientific areas. This is due to, i) a rigorous selection process and ii) to the limited number of students that allows a personalized following both in the diagnosis and in the resolution of difficulties.

6.1.4. Empregabilidade.

6.1.4.1. Dados sobre desemprego dos diplomados do ciclo de estudos (estatísticas da DGEEC ou estatísticas e estudos próprios, com indicação do ano e fonte de informação).

A empregabilidade correspondente é de 100% para os quatro estudantes que terminaram o ciclo de estudos.

6.1.4.1. Data on the unemployment of study programme graduates (statistics from the Ministry or own statistics and studies, indicating the year and the data source).

The corresponding employability is 100% for the four students who have completed the study cycle.

6.1.4.2. Reflexão sobre os dados de empregabilidade.

O número de estudantes que terminou o ciclo de estudos é reduzido ainda para uma estatística relevante. A maioria dos estudantes do ciclo de estudos encontra-se no primeiro e segundo ano de frequência. Em breve poderá ser feita uma melhor reflexão. Pode-se para já afirmar que segundo o relatório de Situação Ocupacional dos Diplomados da Universidade do Porto, elaborado por Carlos Manuel Gonçalves em Abril de 2020, relativamente ao ano de 2016/2017, a empregabilidade dos Doutorados é de 88,7% na FCUP e 71,1% na FEUP.

6.1.4.2. Reflection on the employability data.

The number of students who completed the study cycle is still reduced to obtain a relevant statistic. Most students in the study cycle are in the first and second year of attendance. A better reflection may soon be made. It can be said for now that according to the Occupational Situation of Graduates of the University of Porto, prepared by Carlos Manuel Gonçalves in April 2020, for the year 2016/2017, the employability of PhDs is 88.7% at FCUP and 71.1% in FEUP.

6.2. Resultados das atividades científicas, tecnológicas e artísticas.

6.2.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica

6.2.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua actividade científica / Research Centre(s) in the area of the study programme, where the teachers develop their scientific activities

Centro de Investigação / Research Centre	Classificação (FCT) / Mark (FCT)	IES / Institution	N.º de docentes do ciclo de estudos integrados/ No. of integrated study programme's teachers	Observações / Observations
IPFN	Excelente	IST/ULisboa	1	
CEFT	Muito Bom	FEUP/UP	1	
CENTRA	Excelente	IST	1	
LAETA	Excelente	INEGI/UP	1	
INESC TEC	Muito Bom	INESC TEC	3	
IFIMUP	Excelente	FCUP/UP	1	
SYSTEC	Muito Bom	FEUP/UP	1	

Pergunta 6.2.2. a 6.2.5.

6.2.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos em revistas internacionais com revisão por pares, livros ou capítulos de livros, ou trabalhos de produção artística, relevantes para o ciclo de estudos.

<https://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/dc0bf739-d8ba-b789-87ed-6194d7928b7e>

6.2.3. Mapa-resumo de outras publicações relevantes, designadamente de natureza pedagógica:

<https://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/other-scientific-publication/formId/dc0bf739-d8ba-b789-87ed-6194d7928b7e>

6.2.4. Atividades de desenvolvimento tecnológico e artístico, prestação de serviços à comunidade e formação avançada na(s) área(s) científica(s) fundamental(ais) do ciclo de estudos, e seu contributo real para o desenvolvimento nacional, regional e local, a cultura científica e a ação cultural, desportiva e artística.

O programa doutoral em Engenharia Física integra duas faculdades e um número considerável de institutos de investigação e de interface da Universidade do Porto, entre os quais se encontram o INESC-TEC, LAETA-INEGI, IFIMUP, Systec, IPFN, CEFT e CENTRA. Estes centros apresentam uma forte dinâmica em atividades de elevado impacto societal. Em particular, os dois institutos de interface, INESC-TEC e INEGI, asseguram a interface empresarial de uma elevada percentagem da IDI da Universidade do Porto. Estas unidades de investigação e Laboratórios Associados colaboram com o PRODEF nesta vertente, tendo algumas das teses parte do seu trabalho concretizado em ambiente empresarial. No âmbito da UC de Tese e, em especial, da UC proposta de Seminários, pretende-se que

também os representantes de empresas nos setores da área dos trabalhos desenvolvidos sejam intervenientes ativos no enriquecimento do percurso do estudante. Finalmente, a integração do PRODEF no congresso anual de Engenharia constitui um importante momento de agregação e interligação das diferentes atividades de IDI dos diversos institutos.

6.2.4. Technological and artistic development activities, services to the community and advanced training in the fundamental scientific area(s) of the study programme, and their real contribution to the national, regional or local development, the scientific culture and the cultural, sports or artistic activity.

The doctoral program in Physical Engineering integrates two faculties and a considerable number of research and interface institutes of University of Porto, among which are INESC-TEC, LAETA-INEGI, IFIMUP, Systec, IPFN, CEFT and CENTRA. These centers have a strong dynamic in activities with a high societal impact. In particular, the two interface institutes, INESC-TEC and INEGI, ensure the business interface of a high percentage of RDI at the University of Porto. These research units and Associate Laboratories collaborate with PRODEF on this domain, with some of the theses being part of their work carried out in a business environment. Within the scope of the Thesis CU and in particular the CU Seminars, it is also intended that the representatives of companies in the areas of the work carried out be active participants in the enrichment of the student's path. Finally, the integration of PRODEF in the annual Engineering Congress constitutes an important moment of aggregation and interconnection of the different RDI activities of the various institutes.

6.2.5. Integração das atividades científicas, tecnológicas e artísticas em projetos e/ou parcerias nacionais e internacionais, incluindo, quando aplicável, indicação dos principais projetos financiados e do volume de financiamento envolvido.

Parte dos projetos financiados pela FCT, QREN e União Europeia:

- "...new optical fibre technology for Raman spectroscopy, 235 k€;
- "Fiber laser plasma spectroscopy system...", 238 k€;
- "Metabolomic robots...for precision agriculture", 238 k€;
- "... fibre optic sensors to monitor...concrete structures", 238 k€;
- "...micro-Thermoelectric Generators", 2 315 k€;
- "Magnetostrictive...sensor for corrosion monitoring" 585 k€;
- "...magnetic nanostructures for medical applications", 846 k€;
- "NECL-Network of Extreme Conditions Laboratories", 3 267 k€;
- "Magnetocaloric refrigeration...", 210 k€;
- "Alliance for Batteries Technology...", 200 k€;
- "Materials for Energy Research...", 400 k€;
- "...Lithium Value Chain", 2.839 k€;
- "...Electrode Materials for Lithium-Ion Batteries", 247 €;
- "Opticom RadioNet Pilot-OPR- DEF", 400 k€;
- "...Wireless communications through terahertz transceivers", 356 k€;
- "... Long-Term Deployments of Underwater Robotic Platforms", 155 k€

6.2.5. Integration of scientific, technologic and artistic activities in projects and/or partnerships, national or international, including, when applicable, the main projects with external funding and the corresponding funding values.

Part of the projects funded by the FCT, QREN and the European Union:

- "...new optical fibre technology for Raman spectroscopy, 235 k€;
- "Fiber laser plasma spectroscopy system...", 238 k€;
- "Metabolomic robots...for precision agriculture", 238 k€;
- "... fibre optic sensors to monitor...concrete structures", 238 k€;
- "...micro-Thermoelectric Generators", 2 315 k€;
- "Magnetostrictive...sensor for corrosion monitoring" 585 k€;
- "...magnetic nanostructures for medical applications", 846 k€;
- "NECL-Network of Extreme Conditions Laboratories", 3 267 k€;
- "Magnetocaloric refrigeration...", 210 k€;
- "Alliance for Batteries Technology...", 200 k€;
- "Materials for Energy Research...", 400 k€;
- "...Lithium Value Chain", 2.839 k€;
- "...Electrode Materials for Lithium-Ion Batteries", 247 €;
- "Opticom RadioNet Pilot-OPR- DEF", 400 k€;
- "...Wireless communications through terahertz transceivers", 356 k€;
- "... Long-Term Deployments of Underwater Robotic Platforms", 155 k€

6.3. Nível de internacionalização.

6.3.1. Mobilidade de estudantes e docentes

6.3.1. Mobilidade de estudantes e docentes / Mobility of students and teaching staff

	%
Alunos estrangeiros matriculados no ciclo de estudos / Foreign students enrolled in the study programme	0
Alunos em programas internacionais de mobilidade (in) / Students in international mobility programmes (in)	0
Alunos em programas internacionais de mobilidade (out) / Students in international mobility programmes (out)	0
Docentes estrangeiros, incluindo docentes em mobilidade (in) / Foreign teaching staff, including those in mobility (in)	0

6.3.2. Participação em redes internacionais com relevância para o ciclo de estudos (redes de excelência, redes Erasmus).**6.3.2. Participação em redes internacionais com relevância para o ciclo de estudos (redes de excelência, redes Erasmus).**

As redes e empresas internacionais que cooperam com o INEGI e com o INESC-TEC (European Association of Research and Technology Organizations (EARTO), European Cooperation in Science and Technology -COST), parceiros empresariais como the European Space Agency, Airbus, Embraer, Vestas, Bosch, Zollern, Simoldes, MIT, ...), somam-se ainda as seguintes redes internacionais em colaboração com o PRODEF: Alliance for Batteries Technology (Albatts), OPTICON-RadioNet Pilot, GRAVITY, entre outras.. Todas estas ligações internacionais proporcionam o ambiente institucional propício ao crescimento de estudantes e inserção dos mesmos em ambiente de IDI internacional.

6.3.2. Participation in international networks relevant for the study programme (excellence networks, Erasmus networks, etc.).

To international networks and companies that cooperate with INEGI and INESC-TEC (European Association of Research and Technology Organizations (EARTO), European Cooperation in Science and Technology -COST), business partners such as the European Space Agency, Airbus, Embraer, Vestas, Bosch, Zollern, Simoldes, MIT, ...), the following international networks are added in collaboration with PRODEF: Alliance for Batteries Technology (Albatts), OPTICON-RadioNet Pilot, GRAVITY, and others. .All these international connections provide the institutional environment conducive to the growth of students and their insertion in an international RDI environment.

6.4. Eventual informação adicional sobre resultados.

6.4. Eventual informação adicional sobre resultados.

NA

6.4. Eventual additional information on results.

NA

7. Organização interna e mecanismos de garantia da qualidade**7.1 Existe um sistema interno de garantia da qualidade certificado pela A3ES**

7.1. Existe um sistema interno de garantia da qualidade certificado pela A3ES (S/N)?

Se a resposta for afirmativa, a Instituição tem apenas que preencher os itens 7.1.1 e 7.1.2, ficando dispensada de preencher as secções 7.2.

Se a resposta for negativa, a Instituição tem que preencher a secção 7.2, podendo ainda, se o desejar, proceder ao preenchimento facultativo dos itens 7.1.1 e/ou 7.1.2.

Sim

7.1.1. Hiperligação ao Manual da Qualidade.

https://sigarra.up.pt/up/pt/conteudos_service.conteudos_cont?pct_id=27024&pv_cod=37aaavaSwEa0

7.1.2. Anexar ficheiro PDF com o último relatório de autoavaliação do ciclo de estudos elaborado no âmbito do sistema interno de garantia da qualidade (PDF, máx. 500kB).

[7.1.2._FEUP - Relatório de curso \(3º ciclo\).pdf](#)

7.2 Garantia da Qualidade

7.2.1. Mecanismos de garantia da qualidade dos ciclos de estudos e das atividades desenvolvidas pelos Serviços ou estruturas de apoio aos processos de ensino e aprendizagem, designadamente quanto aos procedimentos destinados à recolha de informação (incluindo os resultados dos inquéritos aos estudantes e os resultados da monitorização do sucesso escolar), ao acompanhamento e avaliação periódica dos ciclos de estudos, à discussão e utilização dos resultados dessas avaliações na definição de medidas de melhoria e ao acompanhamento da implementação dessas medidas.

<sem resposta>

7.2.1. Mechanisms for quality assurance of the study programmes and the activities promoted by the services or structures supporting the teaching and learning processes, namely regarding the procedures for information collection (including the results of student surveys and the results of academic success monitoring), the monitoring and periodic assessment of the study programmes, the discussion and use of the results of these assessments to define improvement measures, and the monitoring of their implementation.

<no answer>

7.2.2. Indicação da(s) estrutura(s) e do cargo da(s) pessoa(s) responsável(eis) pela implementação dos mecanismos de garantia da qualidade dos ciclos de estudos.

<sem resposta>

7.2.2. Structure(s) and job role of person(s) responsible for implementing the quality assurance mechanisms of the study programmes.

<no answer>

7.2.3. Procedimentos de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

<sem resposta>

7.2.3. Procedures for the assessment of teaching staff performance and measures for their continuous updating and professional development.

<no answer>

7.2.3.1. Hiperligação facultativa ao Regulamento de Avaliação de Desempenho do Pessoal Docente.

<sem resposta>

7.2.4. Procedimentos de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

<sem resposta>

7.2.4. Procedures for the assessment of non-academic staff performance and measures for their continuous updating and professional development.

<no answer>

7.2.5. Forma de prestação de informação pública sobre o ciclo de estudos.

<sem resposta>

7.2.5. Means of providing public information on the study programme.

<no answer>

7.2.6. Outras vias de avaliação/acreditação nos últimos 5 anos.

<sem resposta>

7.2.6. Other assessment/accreditation activities over the last 5 years.

<no answer>

8. Análise SWOT do ciclo de estudos e proposta de ações de melhoria

8.1 Análise SWOT global do ciclo de estudos

8.1.1. Pontos fortes

S1 - O Programa Doutoral em Engenharia Física (PRODEF) engloba a Investigação e Desenvolvimento em Física aplicada à tecnologia e abarca diferentes áreas de IDI em Engenharia e Ciência. Mantendo uma ligação à Física fundamental, a abordagem deste programa doutoral diferencia-se pela transversalidade e multidisciplinariedade de áreas de Física Aplicada, entre as quais constam os materiais avançados, nanotecnologias, fotónica, optoelectrónica, instrumentação, armazenamento e conversão de energia, instrumentação para o espaço, física médica e outras orientadas a sistemas, processos e dispositivos com elevado impacto social e económico.

S2 - Constatação no contexto internacional que a formação em engenharia física está associada a desenvolvimentos tecnológicos capazes de dar resposta aos desafios crescentes, sendo assim indutora de empreendedorismo na linha da frente.

S2 - Os estudantes abordam problemas abertos, sem soluções definidas, preferencialmente num ambiente de colaboração científica, obtendo, além da formação, capacidade de resiliência, criatividade e adaptabilidade. A colaboração entre FEUP e FCUP na atividade formativa e orientação científica do PRODEF permite que o programa possa usufruir de uma qualidade elevada de docentes que lhe estão associados e dos alunos que procuram o PRODEF.

S3 - A rede de parcerias institucionais da Universidade do Porto-FCUP/FEUP e das unidades de investigação associadas permitem períodos de trabalho dos estudantes em universidades e centros internacionais de investigação de prestígio reconhecido. Durante o programa é prestada cuidada atenção às competências adquiridas transferíveis e à empregabilidade dos estudantes. O reconhecimento da área científica de Engenharia Física como área promissora

de investigação e desenvolvimento da Universidade do Porto, tem-se também manifestado pelo aumento percentual considerável de estudantes desta Universidade no PRODEF.

S4 - Os estudantes têm acesso a um conjunto de recursos FEUP e FCUP que incluem bibliotecas, laboratórios de base e avançados e oficinas especializadas, podendo livremente usufruir das melhores instalações e serviços de ambas as faculdades.

S5 - A Comissão Científica do PRODEF funciona de forma ágil e presente na resolução, articulada entre FEUP e FCUP, de dificuldades na flexibilização da oferta formativa do PRODEF.

S6 – Qualificação dos docentes elevada: 100% com doutoramento

S7 - Pessoal não docente de qualidade assegura o funcionamento do PRODEF nos serviços de secretaria e no apoio aos diferentes laboratórios de diferentes departamentos de ambas as faculdades.

S8 - Capacidade de atração de estudantes estrangeiros, graças a ensino e divulgação em inglês

8.1.1. Strengths

S1 - The Doctoral Program in Engineering Physics (PRODEF) encompasses Research and Development activities in Physics applied to technology and covers different areas of RDI in Engineering and Science. Maintaining a connection to fundamental physics, the approach of this doctoral program is distinguished from others by the transversality and multidisciplinary of the areas of Applied Physics, which include advanced materials, nanotechnologies, photonics, optoelectronics, instrumentation, energy storage and conversion, instrumentation for the space, medical physics and others oriented to systems, processes and devices with high social and economic impact.

S2 – Acknowledgement, in the international context, that training in engineering physics at the level of a third cycle is associated with technological developments capable of responding to growing challenges, thus inducing entrepreneurship on the front line.

S2 - The student approaches open problems, without defined solutions, preferably in an environment of scientific collaboration, allow, in addition to training, resilience, creativity and adaptability. The collaboration between FEUP and FCUP in the training activity and scientific guidance of PRODEF allows the program to benefit from a high quality of associated faculty and students seeking PRODEF.

S3- PRODEF students benefit from the diversity and cooperation of FEUP and FCUP research centers that can best contribute to the development of their research work. Research-based training is initially present in the tutorial approach of the different curricular units. The recognition of the scientific area of Engineering Physics as a promising area of research and development at the University of Porto has also been manifested by the considerable increase in the number of students from this University in PRODEF.

S4 - Students have access to a set of FEUP and FCUP resources that include libraries, basic and advanced laboratories and specialized workshops, being able to freely enjoy the best facilities and services of both faculties.

S5 - The Scientific Committee of PRODEF works in an agile manner and is present in the resolution, articulated between FEUP and FCUP, of difficulties in making the PRODEF training offer more flexible.

S6 – High faculty qualification: 100% PhD

S7 - Quality of non-teaching staff ensures the functioning of PRODEF in secretarial services and in supporting the different laboratories in different departments of both faculties.

S8 - Ability to attract foreign students due to lecturing and advertising in English

8.1.2. Pontos fracos

W1: Necessidade de melhor articulação entre dois programas doutorais com áreas científicas próximas na UP: o PRODEF e o Programa Doutoral em Física, um programa MAP (Universidades do Minho, Aveiro e Porto), sediado na FCUP, que abrange também a Física Teórica. Este programa é anterior ao PRODEF, direcionando para ele ainda uma boa parte dos possíveis candidatos de Engenharia Física.

W2: Ausência de perfil direcionado a áreas de interface da Engenharia Física com dados. A revolução da ciência de dados chegou a muitas áreas da Engenharia Física. Presentemente o programa está focado em materiais, fónica e instrumentação. A componente de exploração de dados é cada vez mais crítica na cadeia de valor da instrumentação avançada.

W3: Ausência de perfil direcionado a áreas de interface da Engenharia Física com Tecnologia Espacial. A consolidação do Departamento de Física e Astronomia (DFA), abre procura ao programa doutoral na área de Engenharia Espacial dentro da UP. Esta representatividade não é ainda assegurada pelo PRODEF.

W4: Apoio técnico reduzido no funcionamento e manutenção dos laboratórios (DEF-FEUP e DFA-FCUP). Apesar de serem cinco os técnicos de laboratório associados aos laboratórios diretamente sediados no DEF e DFA, estes são partilhados por mais ciclos de estudo e não são ainda suficientes para a procura na realização de trabalhos laboratoriais. A situação é menos sentida nos laboratórios afetos a institutos de interface de maior dimensão como INESC-TEC e INEGI.

W5: Separação geográfica das duas faculdades que suportam o ciclo de estudos, uma localizada no polo II da Universidade, a outra no polo III, em condições normais não sendo fluida a deslocação de uma para a outra.

8.1.2. Weaknesses

W1: Need for better articulation between two doctoral programs with close scientific areas at UP: PRODEF and Doctoral Program in Physics, a MAP program (Universities of Minho, Aveiro e Porto) based at FCUP, which also covers Theoretical Physics. This program is prior to PRODEF, directing to it a good part of the possible candidates in Engineering Physics.

W2: Absence of profile directed to areas of Engineering Physics associated with data interfacing. The data science revolution has reached many areas of Engineering Physics. Currently, the program is focused on materials, photonics and instrumentation. The data mining component is increasingly critical in the advanced instrumentation value chain.

W3: Absence of profile directed to areas of interface between Engineering Physics and Space Technology. The consolidation of the Department of Physics and Astronomy (DFA), opens the search for the doctoral program in the area of Space Engineering within the UP. This representativeness is not yet guaranteed by PRODEF.

W4: Reduced technical support in the operation and maintenance of laboratories (DEF-FEUP and DFA-FCUP). Although

there are five laboratory technicians associated with the laboratories directly headquartered in DEF and DFA, these are shared by more study cycles and are not yet sufficient for the demand for laboratory work. The situation is less felt in laboratories linked to larger interface institutes such as INESC-TEC and INEGI.

W5: Geographical separation of the two faculties that support the study cycle, one located in pole II of the University, the other in pole III, a fact that under normal conditions the movement from one to the other is not fluid.

8.1.3. Oportunidades

O1 - Verifica-se o aumento de reconhecimento, por parte das indústrias tecnológicas, da qualidade e transversalidade dos doutorados em Engenharia Física, traduzida no aumento da procura e emprego por parte das mesmas.

O2 - Criação de novas indústrias e empregos tecnológicos em áreas emergentes por doutorandos empreendedores, seguindo exemplos de novas empresas de base tecnológica na área geográfica de influência da Universidade do Porto.

O3 - Alargamento dos numeri clausi permitido pelo MCTES, em 2017/18, que se repercutirá no futuro imediato na quantidade de estudantes graduados neste domínio, nomeadamente no âmbito do Mestrado em Engenharia Física, e consequente aumento do universo de candidatas. A este aumento acresce ainda um reforço específico dos numeri clausi do MEF no ano de 2021/22, perspectivando-se um aumento ainda maior da procura a nível de programa doutoral dentro de 5 anos.

O4 - Potenciação do crescimento do número de estudantes dos PALOP no PRODEF através da aposta na divulgação nesses países. A rede EUGLOH (<https://neb.up.pt/mobilidade/eugloh-european-university-alliance-for-global-health/>) recentemente criada, poderá aumentar a atratividade de estudantes de mobilidade. Iniciativas específicas do PRODEF de seminários convidados neste contexto poderão ser benéficas.

O5 - Comprometimento da FEUP e FCUP na gestão científica e administrativa do PRODEF, de forma a reforçar a formação na área de Engenharia Física na U. Porto através da formação a nível de mestrado e licenciatura, com a participação ativa destas faculdades.

O6 - Divulgação do PRODEF pela comunidade científica através da implementação de um site demonstrativo das atividades de formação e I&D realizadas no âmbito do PRODEF. A implementação deste site encontra-se em processo de finalização. Está prevista a realização de um vídeo ilustrativo da IDI em Engenharia Física na FEUP e FCUP.

O8 – Apoio ao desenvolvimento no PRODEF da área de exploração de dados no âmbito da instrumentação avançada e das grandes infraestruturas internacionais em que Portugal participa (EMBL, ESO, SKA e ESA), atraindo estudantes com perfis menos experimentais e aumentando também a interação do PRODEF com outras áreas estratégicas na Universidade do Porto e Portuguesas.

O9 – Possível absorção de estudantes de novos mestrados com sobreposição à área de Engenharia Física, como resultado da reestruturação de ciclos de estudo recentemente efetuada.

O10 - A FEUP dispõe de uma área de atuação em I&D e Inovação, a qual exerce a sua atividade no apoio à investigação e desenvolvimento tecnológico, promovendo a participação da sua comunidade científica em projetos, programas e redes, nacionais e internacionais. A área de I&D e Inovação promove ainda o apoio à proteção da propriedade intelectual e respetiva exploração comercial e apoio à criação de empresas de base tecnológica (https://sigarra.up.pt/feup/pt/WEB_BASE.GERA_PAGINA?p_pagina=21497).

8.1.3. Opportunities

O1 - There is an increase in the recognition, by the technological industries, of the quality and transversality of PhDs in Engineering Physics, translated into an increase in demand and employment by them.

O2 - Creation of new technological industries and jobs in emerging areas by entrepreneurial doctoral students, following examples of new technology-based companies in the geographical area of influence of the University of Porto.

O3 - Extension of the numeri clausi allowed by the MCTES, which will have repercussions in the immediate future on the number of graduate students in this field, namely in the scope of the Masters in Engineering Physics, and the consequent increase in the universe of candidates. This increase also includes a specific reinforcement of the numeri clausi of MEF in the year 2021/22, with a further increase in demand at the doctoral program level within 5 years.

O4 - Boosting the growth of the number of PALOP students in PRODEF through the focus on dissemination in these countries. The newly created EUGLOH network (<https://neb.up.pt/mobilidade/eugloh-european-university-alliance-for-global-health/>) could increase the attractiveness of mobility students. PRODEF initiatives of invited seminars in this context could be beneficial.

O5 - Commitment of FEUP and FCUP in the scientific and administrative management of PRODEF, in order to reinforce training in the area of Engineering Physics at the U.Porto through training at masters and undergraduate level.

O6 - Dissemination of PRODEF by the scientific community through the implementation of a website demonstrating training and R&D activities carried out under PRODEF. In this context, the possible realization of an illustrative video of the IDI in Engineering Physics at FEUP and FCU is foreseen. The evaluation of the possibility of implementing of this promotional video is in progress.

O8 - Development of a data exploration scientific area within the scope of advanced instrumentation and major international infrastructures in which Portugal participates (EMBL, ESO, SKA and ESA). This is an area with the potential to increase demand for PRODEF, attracting students with less experimental profiles.

O9 – Possible absorption of new masters' students overlapping the area of Engineering Physics, as a result of the restructuring of study cycles recently carried out.

O10 - FEUP has an area of expertise in R&D and Innovation, giving rigorous support to research and technological development, and promoting the participation of the wider scientific community in its projects, programs and networks, both national and international. The faculty's R&D division also promotes innovation by exploiting the knowledge produced at FEUP and its transfer to the business sector, both by supporting the protection of intellectual property and by supporting the establishment of technology-based companies (https://sigarra.up.pt/feup/en/WEB_BASE.GERA_PAGINA?p_pagina=21497).

8.1.4. Constrangimentos

T1 - A colaboração entre FEUP e FCUP na formação pré-graduada na Engenharia Física no MIEF é ainda reduzida pelo que ainda há poucos estudantes a realizar dissertações de mestrado envolvendo docentes da FEUP, o que se espera que venha a normalizar nos próximos anos. Esta situação alarga-se à partilha na orientação de teses de doutoramento do PRODEF.

T2 - Contribuição das atividades de IDI das áreas científicas afetas ao PRODEF é ainda deficitária no tecido empresarial regional, nomeadamente de pequenas e médias empresas. O investimento da indústria nacional em I&D está ainda longe do que seria desejável.

T3 - Envelhecimento do corpo docente das duas faculdades que suportam o PRODEF.

T4- Possível dispersão dos estudantes do MEF, que suportam atualmente o aumento de estudantes do PRODEF, devido à criação de novos mestrados com sobreposição à área de Engenharia Física, como resultado da reestruturação de ciclos de estudo recentemente efetuada.

T5- O papel da Universidade do Porto na formação ao longo da vida precisa não tem ainda um enquadramento legal experiente. No caso do PRODEF e por exemplo, na área de Física Médica, poderá fazer sentido a criação de um regime protocolar que permita a formação de terceiro ciclo em hospitais universitários.

8.1.4. Threats

T1 - Collaboration between FEUP and FCUP in undergraduate training in Engineering Physics at MEF is still limited, so there are still few students carrying out master's dissertations involving FEUP professors, which is expected to normalize in the coming years. This situation extends to sharing in the supervision of PRODEF doctoral theses.

T2 - Contribution of RDI activities in the scientific areas affected to PRODEF is still deficient in the regional business fabric, namely small and medium-sized companies. The investment of the national industry in R&D is still far from what would be desirable.

T3 - Aging of the faculty of the two faculties that support PRODEF.

T4- Possible dispersion of MEF students, which currently support the increase in PRODEF students, due to the creation of new master's degrees that overlap the area of Engineering Physics, as a result of the restructuring of study cycles recently carried out.

T5- The role of the University of Porto in lifelong training does not yet have an experienced legal framework. In the case of PRODEF and, for example, in the area of Medical Physics, it could be interesting to create a protocol regime that allows the formation of the third cycle in university hospitals.

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2.1. Ação de melhoria

M1 – Concretização do novo plano curricular que satisfaça em particular o aumento da transversalidade da oferta formativa, aumento da participação da FCUP a nível do plano curricular e da articulação entre ambas as faculdades, aumento da participação de outros Departamentos da FEUP, mapeamento das áreas científicas do MEF (ou precursor MIEF) e partilha com outros programas doutorais de áreas afins. Este plano flexibiliza ainda a oferta formativa opcional a um maior leque de áreas afetas à Engenharia Física, como Engenharia Física de dados e computação, Engenharia Espacial e Física Médica.

M2- A divulgação e promoção do PRODEF junto da comunidade de estudantes pré-graduados nas áreas de Engenharia Física, e diferentes áreas de IDI da Faculdade de Engenharia e Faculdade de Ciências, deve ser intensificada. Para tal poderão contribuir:

1) a implementação do site do PRODEF (esta medida encontra-se em processo de finalização)

2) a realização de um filme promocional da IDI em Engenharia Física na Universidade do Porto

3) ações de divulgação do PRODEF na FEUP e FCUP, acopladas a algumas das já existentes no âmbito do MIEF

4) divulgação do PRODEF em redes sociais de forma articulada com a já existente divulgação de outros ciclos de estudo da Universidade do Porto, FEUP e FCUP

5) aumento da participação no Simpósio em Engenharia Física no âmbito do Congresso Doutoral em Engenharia (DCE) a realizar anualmente na FEUP. Este congresso constitui uma importante peça na divulgação do trabalho científico produzido em ambiente doutoral na área de Engenharia Física a nível nacional e é uma iniciativa de valor acrescentado para a divulgação do PRODEF, permitindo forte interação entre os estudantes desta área científica da Universidade do Porto e desta com outras Universidades. Importa referir que a adesão ao simpósio de Engenharia Física na FEUP tem vindo a aumentar, bem como a participação nacional no mesmo.

6) Relativamente à procura do PRODEF por estudantes internacionais, pretende-se reforçar os contactos internacionais a partir dos centros de IDI, bem como a aposta em programas de mobilidade de estudantes, com particular destaque para o programa ERASMUS, procurando também expandir o número de estudantes dos PALOP.

M3 – Desenvolver ações de sensibilização das autoridades académicas para a especificidade e necessária flexibilização institucional, a nível da universidade, requeridos por ciclos de estudo interdisciplinares e interdepartamentais. Organização conjunta mais eficiente dos horários e promoção institucional de reuniões à distância de modo a minimizar os efeitos da separação geográfica das duas faculdades. Aumento do apoio técnico aos laboratórios de Ensino do PRODEF, recorrendo sempre que possível à alocação do serviço dos técnicos dos centros de investigação envolvidos.

8.2.1. Improvement measure

M1 – Implementation of the new curricular plan that particularly satisfies the increase in the transversality of the training offer, increased participation of FCUP and articulation between both faculties, increased participation of other FEUP Departments, mapping of areas MEF (or MIEF precursor) and sharing with other doctoral programs in related

fields. This plan also makes the optional training offer more flexible to a wider range of areas related to Physical Engineering, such as Data and Computer Engineering Physics, Space Engineering and Medical Physics.

M2- The dissemination and promotion of PRODEF among the community of undergraduate students in the areas of Physical Engineering and different areas of RDI in the Faculty of Engineering and Faculty of Sciences, should be intensified. To this end the contributions are:

- 1) the implementation of the PRODEF website (this measure is being finalized)
- 2) IDI promotional film in Engineering Physics at the University of Porto
- 3) PRODEF dissemination actions at FEUP and FCUP, coupled with some of those already existing within the scope of MEF
- 4) dissemination of PRODEF on social networks in coordination with the already existing dissemination of other study cycles of the University of Porto, FEUP and FCUP
- 5) increased participation in the Symposium on Engineering Physics within the scope of the Doctoral Congress in Engineering (DCE) to be held annually at FEUP. This congress is an important piece in the dissemination of scientific work produced in a doctoral environment in the field of Physical Engineering at national level and is an added value initiative for the dissemination of PRODEF, allowing strong interaction between students in this scientific area of the University of Porto and this one with other Universities. It should be noted that the participation in the Engineering Physics symposium at FEUP has been increasing, as well as the national participation in it.
- 6) With regard to the search for PRODEF by international students, the intention is to strengthen international contacts, from the RDI centers, as well as the investment in student mobility programs, with particular emphasis on the ERASMUS program, also seeking to expand the number of PALOP students.

M3 – Develop actions to sensitize academic authorities to the specificity and necessary institutional flexibility, at university level, required by interdisciplinary and interdepartmental study cycles. Efficient and joint organization of schedules and institutional promotion of remote meetings in order to minimize the effects of the separation of the two faculties. Increased technical support in PRODEF's Teaching Laboratories, resorting, whenever possible, to the allocation of technicians from the research centers.

8.2.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida

- M1 - Prioridade alta - Até início do próximo ano curricular
 M2 - Prioridade alta – Até ao final do próximo ano curricular
 M3 - Prioridade alta – Até ao final do próximo ano curricular

8.2.2. Priority (high, medium, low) and implementation time.

- M1 - High priority - Until the beginning of the next curricular year
 M2 - High Priority - Until the end of the next curricular year
 M3 - High Priority - Until the end of the next curricular year

8.1.3. Indicadores de implementação

- M1 – Novo plano curricular em funcionamento no PRODEF
 M2 – Implementação do site e do vídeo promocional das atividades de ID; divulgação em ambos do Simpósio de Engenharia Física das anteriores edições do DCE e das restantes atividades de divulgação do PROEF. Divulgação do site nos locais das redes sociais apropriadas para o efeito.
 M3 – Agilização das condições de gestão de ciclos de estudo interdisciplinares e interdepartamentais, nomeadamente a nível da integração das plataformas de informação e da coordenação de eventos de divulgação de cada faculdade.

8.1.3. Implementation indicator(s)

- M1 - New curriculum plan in operation at PRODEF
 M2 – Implementation of the website and promotional video of ID activities; dissemination of DCE Engineering Physics Symposium and of other dissemination activities on the website. Dissemination of the website in the appropriate social media local for this purpose.
 M3 – Streamlining the conditions for managing interdisciplinary and interdepartmental study cycles, namely in terms of the integration of information platforms and the coordination of dissemination events of each faculty.

9. Proposta de reestruturação curricular (facultativo)

9.1. Alterações à estrutura curricular

9.1. Síntese das alterações pretendidas e respectiva fundamentação

A reestruturação do plano curricular visa responder às necessidades do PRODEF, na sequência das propostas de melhoria anteriormente mencionadas, em particular o aumento da transversalidade da oferta formativa, aumento da articulação entre ambas as faculdades, aumento da participação de outros Departamentos da FEUP, mapeamento das áreas científicas do M:EF (ou precursor MIEF) e partilha com outros programas doutorais de áreas afins.

- 1) Transversalidade e flexibilidade: Para além das áreas científicas do M:EF pretende-se que o PRODEF alinhe a atratividade de estudantes de outros mestrados, nacionais e internacionais, com o carácter transversal da área de Engenharia Física.
 Neste sentido a UC de “Técnicas de micro e nano-fabricação”, com maior relação à área de Materiais e Nanotecnologia, deixará de ter carácter obrigatório e passará a ser uma unidade curricular opcional. As UCs

obrigatórias passarão a ser apenas a UC de Ensaio e a de Empreendedorismo, que a partir de 2021/2022 será assegurada pelo Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da FEUP. Acresce desta forma a obrigatoriedade da frequência de três das UCs opcionais.

No leque de UCs opcionais surgem duas UCs com carácter transversal, i) Seminários e ii) Engenharia Física dos Dados e da Computação. Esta última é coordenada pelo DEF (Departamento de Engenharia Física) em colaboração com o DEEC (Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) e DEMec (Departamento de Engenharia Mecânica) e responde às opções de tese que incluem a componente de Dados e/ou Computação associadas a diferentes áreas de Engenharia Física. A UC de Seminários pretende o incentivo à procura da envolvente internacional da respetiva área científica.

2) Reforço da oferta formativa em articulação com outros departamentos da FEUP e FCUP:

- a. Respondendo a um crescente interesse na área de materiais e energia, são incluídas as Ucs opcionais de i) Energia Solar e ii) Biomassa e Biocombustíveis, em partilha com o Programa Doutoral em Engenharia Mecânica do DEMec. Ficam desta forma a ser três as UCs desta área científica no PRODEF.
- b. Inclusão da UC opcional de Manipuladores Robóticos que dá continuidade à UC de Robótica incluída no M:EF. Esta UC será partilhada com o Programa Doutoral em Engenharia Eletrotécnica de Computadores.
- c. Inclusão de uma UC opcional de Engenharia Física Nuclear, da Radiação e das Partículas, com aplicação às áreas da Física Médica e da Energia, coordenada pelo DEF e em estreita colaboração com o DFA (Departamento de Física e Astronomia) da FCUP. Esta UC pretende responder a um crescente interesse na área de Física Médica e também nos fundamentos de Engenharia Física Nuclear e da Radiação.
- d. Na sequência da integração da área de Astronomia no DFA, pretende-se proporcionar uma oferta formativa no domínio da instrumentação para o espaço. Tendo em conta as competências do DEF também nesta área, será criada a UC de Engenharia Espacial.

9.1. Synthesis of the proposed changes and justification.

The restructuring of the curriculum aims to respond to PRODEF's needs, following the aforementioned improvement proposals, in particular the increase in the transversality of the training offer, increased articulation between both faculties, increased participation of other FEUP Departments, mapping of scientific areas of the M:EF (or MIEF precursor) and sharing with other doctoral programs in related areas.

1) *Transversality and flexibility:* In addition to the scientific areas of the M:EF, it is intended that PRODEF align the attractiveness of students from other national and international master's degrees with the transversal nature of the field of Engineering Physics.

In this sense, the CU of "Technical of micro and nano-manufacturing", with greater relation to the area of Materials and Nanotechnology, will no longer have a mandatory character and will become an optional curricular unit. The mandatory CUs will be just the Thesis and Entrepreneurship, which from 2021/2022 will be provided by the Department of Engineering and Industrial Management at FEUP. In this way, the attendance of three of the optional UCs is mandatory.

In the range of optional CUs, there are two CUs with a transversal character, i) Seminars and ii) Data and Computing Engineering Physics. The latter is coordinated by DEF (Department of Engineering Physics) in collaboration with DEEC (Department of Electrical and Computer Engineering) and DEMec (Department of Mechanical Engineering) and responds to thesis options that include the Data and/or Computing component associated with different areas of Engineering Physics. The CU of Seminars intends to encourage the search for the international environment of the respective scientific area.

2) *Reinforcement of the training offer in conjunction with other departments of FEUP and FCUP:*

- a. Responding to a growing interest in the area of materials and energy, the optional Ucs of i) Solar Energy and ii) Biomass and Biofuels are included, shared with the Doctoral Program in Mechanical Engineering at DEMec. Thus, there are three CUs in this scientific area in PRODEF.
- b. Inclusion of the optional Robotic Manipulators CU that continues the Robotics CU included in the M:EF. This UC will be shared with the Doctoral Program in Computer Electrotechnical Engineering.
- c. Inclusion of an optional UC of Nuclear, Radiation and Particle Engineering Physics, with application to the areas of Medical Physics and Energy, coordinated by DEF and in close collaboration with the DFA (Department of Physics and Astronomy) at FCUP. This UC intends to respond to a growing interest in the field of Medical Physics and also in the fundamentals of Nuclear Physics and Radiation Engineering.
- d. Following the integration of the Astronomy area in the DFA, the intention is to provide a training offer in the field of instrumentation for space. Taking into account the competences of DEF in this area, the CU of Space Engineering will be created.

9.2. Nova estrutura curricular pretendida (apenas os percursos em que são propostas alterações)

9.2. na

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

na

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

na

9.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and number of credits to award the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Optativos / Optional ECTS*	Observações / Observations
Engenharia Física/Physics Engineering	EFIS	156	0	
Gestão e Administração/Management and Administration	GADM	6	0	
Engenharia Física/Qualquer área científica da UP (nível do 3.º ciclo) / Engenharia Eletrotécnica e de Computadores/Engenharia Mecânica	EFIS/QACUP/EEC/EM	0	18	
(3 Items)		162	18	

9.3. Plano de estudos

9.3. Plano de estudos - NA - 1º, 2º e 3º anos

9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

NA

9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

NA

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º, 2º e 3º anos

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:

1º, 2º e 3º anos

9.3.3 Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Ensaio/Essay	EFIS	Semestral(S1/S2)	324	7 TP; 28 OT	12	UC de dupla ocorrência. O estudante frequentará a UC apenas num dos semestres
Opção 1, 2 e 3/Option 1, 2, and 3	EFIS /EM/EEC/QACUP	Semestral (S1)	486	Depende das UC escolhidas	18	A realizar de entre o elenco optativo previsto
Empreendedorismo/Entrepreneurship	GADM	Semestral (S2)	162	28 TP	6	
Tese/Thesis	EFIS	Plurianual	3888	140 OT	144	1.º ano/ 2.º semestre, 2.º e 3.º anos)
(4 Items)						

9.3. Plano de estudos - NA - Unidades curriculares optativas - 1 semestre

9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

NA

9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

NA

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

Unidades curriculares optativas - 1 semestre

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:

Optional course units - 1st semester

9.3.3 Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área	Duração	Horas	Horas	ECTS	Observações /
--	------	---------	-------	-------	------	---------------

	Científica / Scientific Area (1)	/ Duration (2)	Trabalho / Working Hours (3)	Contacto / Contact Hours (4)		Observations (5)
Seminários/Seminars	EFIS	Semestral (S1)	162	28 OT	6	N (nova)
Engenharia Física dos Dados e da Computação/Engineering Physics o Data and Computation	EFIS	Semestral (S1)	162	28 OT	6	N (nova)
Técnicas de Micro e Nano-fabricação/Micro and Nano-fabrication Techniques	EFIS	Semestral (S1)	162	28 OT	6	AO (alterada de obrigatória para optativa ou de optativa para obrigatória)
Materiais e Dispositivos para Recolha e armazenamento de energia/Materials and Devices for Energy Harvesting and Storage	EFIS	Semestral (S1)	162	28 OT	6	
Nanomagnetismo/Nanomagnetism	EFIS	Semestral (S1)	162	28 T	6	CH (alteração das horas de contacto)
Materiais Óticos e Aplicações/Optical Materials dna Applications	EFIS	Semestral (S1)	162	28 TP	6	
Energia Solar/Solar Energy	EM	Semestral (S1)	162	14 T; 14 OT	6	N (nova)
Biomassa e Biocombustíveis/Biomass and Biofuels	EM	Semestral (S1)	162	14 T; 14 OT	6	N (nova)
Engenharia Física Nuclear, da Radiação e das Partículas/Nuclear Engineering Physics, Radiation and Particles	EFIS	Semestral (S1)	162	28 OT	6	N (nova)
Aplicações Tecnológicas de Plasmas/Plasma Technology and Applications	EFIS	Semestral (S1)	162	28 OT	6	
Lasers, Ótica e Fotónica/Lasers, Optics and Photonics	EFIS	Semestral (S1)	162	17 T; 11 OT	6	
Tecnologias de Microeletrónica e Microeletromecânica/Microeletronic and Microeletromechanical Technologies	EEC	Semestral (S1)	162	17 TP; 11 OT	6	
Projetos de Instrumentação/Instrumentation Projects	EEC	Semestral (S1)	162	10 T; 18 OT	6	
Manipuladores Robóticos/ Robotic manipulators	EEC	Semestral (S1)	162	42 T	6	N (nova)
Reconhecimento e Análise de Imagem/Image Analysis and Recognition	EEC	Semestral (S1)	162	17 T; 11 OT	6	
Engenharia Espacial/Space Engineering	EFIS	Semestral (S1)	162	28 OT	6	N (nova)
Qualquer unidade curricular da Uporto (ao nível do 3º ciclo)/Any curricular unit from Uporto (3rd cycle) (17 Items)	QACUP	Semestral (S1)	162	Depende da UC escolhida	6	

9.4. Fichas de Unidade Curricular

Anexo II - Biomassa e Biocombustível

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Biomassa e Biocombustível

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Biomass and Biofuels

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EM (Engenharia Mecânica) / ME (Mechanical Engineering)

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

28

9.4.1.6. ECTS:

9.4.1.7. Observações:*Optativa***9.4.1.7. Observations:***Optional***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Abel Ilah Rouboa; T-14; OT-14***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***N.A.***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Apresentação das diversas tecnologias energéticas associadas à biomassa.**Capacidade de avaliar e dimensionar sistemas energéticos baseados na biomassa.***9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:***Presentation of the several technologies available for biomass processing for energy purposes.**Capacity to evaluate and design biomass energy systems.***9.4.5. Conteúdos programáticos:***Os conteúdos programáticos da unidade curricular organizam-se nos seguintes capítulos:**Capítulo I – A Questão Energético-Ambiental.**Capítulo II – A Fotossíntese da Biomassa.**Capítulo III – Produção da Biomassa.**Capítulo IV – Processos de Conversão Física.**Capítulo V – Conversão Térmica.**Capítulo VI – Biocombustíveis Líquidos Oxigenados.**Capítulo VII – Gasificação Microbiológica.**Capítulo VIII – Produção Integrada de Bioenergia.***9.4.5. Syllabus:***The syllabus of the course is organized into the following chapters:**Chapter I- The environmental and energy problem.**Chapter II - The photosynthesis of biomass.**Chapter III - Biomass production.**Chapter IV - Physical conversion processes.**Chapter V - Thermal conversion.**Chapter VI - Oxygenated liquid biofuels.**Chapter VII - Microbiological gasification.**Chapter VIII - Integrated production of bioenergy.***9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular***Os conteúdos programáticos apresentados permitem apresentar as tecnologias energéticas associadas à biomassa e desenvolver a capacidade de avaliar e dimensionar os sistemas energéticos, através do desenvolvimento e relação dos seguintes temas:**Padrões de Consumo Energético;**Reservas de Combustíveis Fósseis;**Abundância e Disponibilidade da Biomassa;**Potencial Energético da Biomassa.**Fotossíntese;**Composição da Biomassa e Conteúdo Energético.**Biomassa Virgem;**Disponibilidade de Solos;**Seleção de Espécies;**Resíduos Municipais;**Resíduos Agrícolas e Florestais;**Resíduos Industriais.**Desumidificação e Secagem;**Redução do Tamanho;**Densificação;**Separação.**Equipamentos e Aplicações da Combustão;*

Pirólise e Liquefação;
Processos e Métodos de Liquefação e Pirólise;
Gasificação da Biomassa;
Processos e Métodos de Gasificação.
Propriedades e Produção dos Oxigenados.
Produção Microbiológica de Metano;
Produção Microbiológica de Hidrogénio;
Sistemas de Digestão Anaeróbia

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The syllabus presented allow the presentation of energy technologies associated with biomass and develop the ability to assess and dimension the corresponding energy systems, through the development and relationship of the following themes:

Energy Consumption Patterns;
Fossil Fuel Reserves;
Abundance and Availability of Biomass;
Energy Potential of Biomass.
Photosynthesis;
Composition of Biomass and Energy Content.
Virgin Biomass;
Soil Availability;
Species Selection;
Municipal Waste;
Agricultural and Forest Waste;
Industrial Waste.
Dehumidification and Drying;
Size reduction;
Densification;
Separation.
Combustion Equipment and Applications;
Pyrolysis and Liquefaction;
Liquefaction and Pyrolysis Processes and Methods;
Biomass Gasification;
Gasification Processes and Methods.
Properties and Production of Oxygenates.
Microbiological Production of Methane;
Microbiological Hydrogen Production;
Anaerobic Digestion Systems

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas serão feitas apresentações teóricas nas quais serão introduzidos e discutidos os princípios e métodos enumerados no programa da unidade curricular. Será implementada a resolução de problemas ilustrativos do programa da unidade curricular, nas aulas e fora delas, individualmente e em grupo, aplicando diversos métodos analíticos.

Avaliação:

Avaliação distribuída sem exame final.

Obtenção de frequência: participação nas aulas.

Fórmula de cálculo da classificação final: Média aritmética das notas de quatro trabalhos.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical classes will be offered in which the principles and methods listed in the syllabus of the curricular unit will be introduced and discussed. The resolution of illustrative problems of the curricular unit program will be implemented, in classes and outside, individually and in groups, applying various analytical methods.

Evaluation:

Theoretical presentations

Distributed evaluation without a final exam.

Eligibility for exams: Participation in classes.

Calculation formula of final grade: Average mark of four assignments.

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

As aulas teóricas serão direcionadas para dar cumprimento aos objetivos mais relacionados com os conceitos teóricos dos assuntos apresentados. Sempre que possível, a teoria é complementada com a apresentação de exemplos práticos que demonstrem as capacidades e as variadas aplicações das áreas envolvidas.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

Theoretical classes will be directed to fulfill the objectives most related to the theoretical concepts of the subjects presented. Whenever possible, theory is complemented with the presentation of practical examples that demonstrate the capabilities and varied applications of the areas involved.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

N. El Bassam; Handbook of Bioenergy Crops. ISBN: 978-1-84407-854-7

Donald L. Klass; Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals . ISBN: 0124109500

Anexo II - Seminários**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Seminários

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Seminars

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EFID

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

162

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

Optativa

9.4.1.7. Observations:

Optional

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Joana Cacilda Rodrigues Espain Oliveira, Joaquim Agostinho Gomes Moreira 10 OT, José Luís Campos de Oliveira Santos 10 OT

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

Convidados especialistas nacionais e estrangeiros 8 OT.

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

Nesta UC, pretende-se que os estudantes se familiarizem com o Estado da Arte da área de Engenharia Física na qual incidirá a sua tese, nas suas múltiplas vertentes, englobando tópicos emergentes, tecnologia avançadas e novas tendências de investigação na área.

O estudante será também apresentado aos centros de trabalho e investigação das áreas de Engenharia Física nas quais incidirá o seu trabalho, nacionais e estrangeiros, através da promoção de seminários nestas áreas, propiciando o contacto, quer presencial, quer remoto, com docentes e investigadores em áreas de desenvolvimento, incluindo áreas inexistentes em Portugal.

O estudante aprofundará as suas aptidões, competências e espírito crítico quer na pesquisa e seleção de bibliografia científica relevante, quer na compreensão, análise e discussão científica.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The main goal of this UC is that students become familiar with the state-of-the-art in a specific Engineering Physics subject, in its multiple branches, through seminars on the most varied relevant and current topics in the area.

Emerging topics, like advanced techniques and new trends in Engineering Physics, will be addressed in this class. It will allow the student to contact (in person or remotely) with professors and researchers in non-existent research areas in Portugal.

The student should also acquire competencies in bibliography research and its selection, as well as on proceeding on its analysis and identification of core scientific/technological points.

In this UC the student will also acquire oral and written scientific communication skills.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Tópicos emergentes em Engenharia Física em domínios como, entre outros, Nanociências, Materiais Avançados, Fotónica e Optoeletrónica, Física de Armazenamento e Recolha de Energia, Instrumentação Avançada e Biotecnologia.

9.4.5. Syllabus:

Emerging topics in Physical Engineering in domains such as, among others, Nanosciences, Advanced Materials, Photonics and Optoelectronics, Energy Storage and Harvest Physics, Advanced Instrumentation and Biotechnology.

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

Através da interação com docentes e investigadores nas áreas da Engenharia Física, os estudantes terão a oportunidade de se familiarizar com tópicos atuais na investigação e prática de Engenharia Física, assim como de os discutir, analisar e compreender.

Através da análise e discussão entre pares de trabalhos científicos, e na preparação de conteúdos escritos e orais, os estudantes irão adquirir competências de comunicação científica tanto oral como escrita.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

Through the interaction with the lecturers and researchers in the area of Engineering Physics, the students will have the opportunity to become familiar with the current trends in the research and practice of Engineering Physics, also on debating, analyzing, and understanding them.

Through the analysis and peer-on-peer discussion of scientific papers, and the preparation of oral and written contents, the students will acquire competencies in both oral and written scientific communication.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas primeiras seis semanas serão apresentados por docentes e investigadores nacionais e internacionais de referência seis seminários sobre temas que incidem sobre o Estado da Arte numa das áreas de Engenharia Física.

Nas seis semanas seguintes os estudantes serão divididos em grupos. Cada grupo terá que escolher um dos seis tópicos com que travaram conhecimento nas semanas anteriores. Os grupos terão então que preparar um trabalho escrito e uma apresentação oral sobre o tópico científico em questão.

Os estudantes serão avaliados pelos seus trabalhos escritos (70%) e apresentação oral (30%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

In the first six weeks, six seminars on current "hot" topics in Engineering Physics will be lectured by national or internationally recognized researchers in each of these topics.

In the following six weeks, the students will be divided into groups. Each group will have to choose one of the six topics they had contact with in the previous weeks. The groups will then have to prepare a written work and an oral presentation about the scientific topic in question.

The students will be evaluated through the written essay (70%) and oral presentation (30%)

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

A divisão do semestre em seminários por especialistas em áreas relevantes e realização de um trabalho sobre um tema específico vai de encontro aos objetivos de preparação para um ambiente de investigação transversal e internacional que se pretende na tese de doutoramento.

A avaliação incidirá sobre as competências adquiridas pelos estudantes na comunicação oral e escrita de temas científicos nas diferentes áreas de Engenharia Física.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The semester division into seminars by specialists in relevant areas and the carrying out of work on a specific topic meets the objective of preparing for a transversal and international research environment that is intended in the doctoral thesis.

The evaluation will focus on the competencies acquired by the students in oral and written communication of scientific themes in the area of Engineering Physics.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

A definir ao longo do curso/dependente dos tópicos escolhidos.

To be defined throughout the syllabus/dependent on the chosen topics.

Anexo II - Energia solar

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:*Energia solar***9.4.1.1. Title of curricular unit:***Solar Energy***9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EM***9.4.1.3. Duração:***Semestral***9.4.1.4. Horas de trabalho:***162***9.4.1.5. Horas de contacto:***28***9.4.1.6. ECTS:***6***9.4.1.7. Observações:***Optativa***9.4.1.7. Observations:***Optional***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Armando Carlos Figueiredo Coelho de Oliveira; T - 14; OT:14***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***N.A.***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Conhecer profundamente as principais tecnologias solares, com ênfase para as térmicas. Saber calcular/projectar sistemas solares térmicos, bem como analisá-los em termos económicos (análise custo-benefício).**Análise de sistemas de energia solar.**Capacidade de projeto desses sistemas.***9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:***To gain advanced knowledge concerning the main solar technologies, both thermal and photovoltaic. To be able to analyze, calculate and design thermal and PV systems, as well as perform their economic analysis (cost-benefit analysis).**Analysis of solar energy systems.**Design of solar energy systems.***9.4.5. Conteúdos programáticos:**

- *Recursos solares: radiação solar e sua medição; estimativa da radiação incidente em superfícies inclinadas.*
- *Coletores solares concentradores: razão de concentração. Ótica concentradora: coletores CPC. Centrais solares de concentração.*
- *Sistemas solares térmicos: tipos de sistemas, dimensionamento e análise do seu comportamento a longo prazo; sistemas de passagem múltipla e de uma só passagem, com e sem armazenamento.*
- *Análise económica de sistemas solares térmicos.*
- *Energia solar fotovoltaica: células, módulos e suas características; técnicas de fabrico.*
- *Sistemas fotovoltaicos: componentes e suas características (acumulação, regulação, conversão, proteção e manutenção).*
- *Ligação de sistemas fotovoltaicos à rede e dimensionamento de sistemas isolados.*
- *Análise económica de sistemas solares fotovoltaicos.*

9.4.5. Syllabus:

- *Solar resources: solar radiation and its measurement; estimation of incident solar radiation on inclined surfaces: types of models.*
- *Solar thermal systems: types, design, and analysis of the long-term performance; systems with multiple and single passes, with or without storage.*

- *Economic analysis of solar thermal systems.*
- *Photovoltaic (PV) solar collectors: cells, modules and their characteristics; manufacturing techniques.*
- *PV systems: components and characteristics (storage, regulation, conversion, protection, and maintenance).*
- *Connection of PV systems to the electrical grid and design of isolated systems.*
- *Economic analysis of PV systems.*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
O programa definido pretende dar a conhecer aos estudantes os principais temas inerentes à Energia Solar utilizados em aplicações na área da engenharia mecânica.

Os trabalhos escritos englobam parte ou a totalidade dos temas apresentados nos conteúdos programáticos, permitindo atingir objetivos enunciados.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The established program aims at acquainting students with the main topics of the Energia Solar, used in several applications in the area of mechanical engineering.

The assignments developed in the UC allow the fulfillment of the mentioned goals.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Acompanhamento tutorial do estudo dos alunos.

Avaliação distribuída sem exame final.

Fórmula de avaliação: nota atribuída ao trabalho escrito apresentado sem apresentação oral.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Study oriented through tutorial sessions.

Distributed evaluation without a final exam.

Terms of frequency:

Formula evaluation: Classification of the written work without oral presentation.

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

As aulas são usadas para dar cumprimento aos objetivos mais relacionados com os conceitos teóricos dos assuntos apresentados. Sempre que possível, a teoria é complementada com a apresentação de exemplos práticos que também mostram as capacidades e as variadas aplicações das áreas envolvidas.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

Classes are used to fulfill the objective related to the theoretical concepts of the issues addressed. Whenever the possible, theory is complemented by the presentation of practical examples that also show the skills and several applications of the areas involved.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

John A. Duffie, William A. Beckman; Solar engineering of thermal processes. ISBN: 0-471-51056-4

Anexo II - Engenharia Espacial

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Engenharia Espacial

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Space Engineering

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EFIS

9.4.1.3. Duração:

162

9.4.1.4. Horas de trabalho:

28

9.4.1.5. Horas de contacto:

28

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:*Opcional***9.4.1.7. Observations:***Optional***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Paulo Jorge Valente Garcia, 28 OT***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***N.A.***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Esta unidade curricular apresenta de forma integrada os temas centrais da engenharia especial, destacando a componente de engenharia física. Os objetivos de aprendizagem são:*

- *Descrever os vários tipos de sistemas de propulsão, de satélites e de instrumentação de payload.*
- *Identificar os vários subsistemas de um satélite e a sua articulação.*
- *Descrever os princípios físicos subjacentes à propulsão, dinâmica de satélites e ambiente espacial e aplicá-los em situações relevantes da engenharia espacial.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:*The curricular unit presents in an integrated way the central themes of space engineering, with an emphasis in the engineering physics component. The top-level learning outcomes are:*

- *Describe the diversity of propulsion systems, satellites, and payload instrumentation;*
- *Identify the various subsystems of a satellite and how they articulate;*
- *Describe the physical principles of propulsion, satellite dynamics, and space environment, apply them in relevant situations of space engineering.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. A diversidade de satélites espaciais: comunicação, navegação, observação da terra e do universo e exploração robótica do sistema solar.*
- 2. Os subsistemas dos satélites: estrutura mecânica; propulsão; potência; controlo térmico; controlo de atitude e órbita; tracking e telemetria e comando; antena; payload.*
- 3. Astrodinâmica de satélites: lançamento; órbitas; manobras orbitais; atitude.*
- 4. Ambiente espacial: plasma, radiação e micro-meteoritos/debris orbital; seu impacto no desenho de satélites.*
- 5. Projecto de grupo.*

9.4.5. Syllabus:

- 1. The diversity of space satellites: communication, navigation, earth and universe observations and robotic exploration of the solar system.*
- 2. The satellite subsystems: mechanical structure; propulsion; power systems; thermal control; attitude and orbit control; tracking, telemetry and command; antenna; payload.*
- 3. Satellite astrodynamics: launch; orbits; orbital maneuvers; attitude.*
- 4. Space environment: plasma; radiation; micro-meteorites and orbital debris; impact on satellite design.*
- 5. Group project.*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular*O OA (objetivo de aprendizagem) "Descrever os vários tipos de sistemas de propulsão..." é suportado pelo conteúdo programático "1 A diversidade de satélites espaciais: comunicação, navegação, observação da terra e do universo e exploração robótica do sistema solar."**O OA "Identificar os vários subsistemas de um satélite..." é suportado pelo conteúdo programático "2. Os subsistemas dos satélites: estrutura mecânica; propulsão; potência; controlo térmico; controlo de atitude e órbita; tracking e telemetria e comando; antena; payload."**O OA "- Descrever os princípios físicos subjacentes à propulsão..." é suportado pelos conteúdos programáticos "3. Astrodinâmica de satélites: lançamento; órbitas; manobras orbitais; atitude." e "4. Ambiente espacial: plasma, radiação e micro-meteoritos/debris orbital; seu impacto no desenho de satélites."**Finalmente o "Projeto de grupo" visa desenvolver nos estudantes objetivos de aprendizagem mais avançados e complementares aos anteriores.***9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.***The LO (learning objective) "Describe the diversity of propulsion systems..." is addressed by the programmatic content "1. The diversity of space satellites: communication, navigation, earth and universe observations and robotic exploration of the solar system."**The LO "Identify the various subsystems of a satellite..." is addressed by the programmatic content "2. The satellite subsystems: mechanical structure; propulsion; power systems; thermal control; attitude and orbit control; tracking, telemetry, and command; antenna; payload"**The LO "Describe the physical principles of propulsion..." is addressed by the programmatic contents "3. Satellite*

astrodynamics: launch; orbits; orbital maneuvers; attitude.” and “4. Space environment: plasma; radiation; micro-meteorites and orbital debris; impact on satellite design.”

Finally, the “Group project” aims to develop in the students more sophisticated and complementary learning objectives.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas tutoriais onde são apresentados e discutidos os princípios e métodos apresentados no programa da unidade curricular.

Resolução de problemas ilustrativos do programa da unidade curricular, nas aulas e fora delas, individualmente e em grupo, aplicando métodos analíticos e sobretudo computacionais.

Estudo de caso de instrumentos de payload para o espaço, utilizando documentação geralmente pública dos projetos, obtida através da ESA.

Seminários por individualidades externas.

Projeto em grupo visando o desenho de payload simples, usando ferramentas de software disponíveis.

Os conteúdos estarão disponibilizados na página moodle da unidade curricular.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Tutorial classes where the principles and methods underlying the syllabus are presented.

Problem solving of relevant problems, in class, and as homework, individually and in a group, applying analytic and computational methods.

Case study of payload instruments, using ESA public documents on projects.

Seminars by external experts.

Group project with the goal of designing a simple payload, using existing software tools.

The contents are made available in the moodle pages of the curricular unit.

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

Os objetivos de aprendizagem mais baixos são abordados com as aulas tutoriais, em particular os objetivos

“Descrever os vários tipos de sistemas de propulsão, de satélites e de instrumentação de payload.” e “Identificar os vários subsistemas de um satélite e a sua articulação.”

Objetivos intermédios são abordados com a resolução de problemas, abordando métodos analíticos e computacionais, em particular para o objetivo “Descrever os princípios físicos subjacentes à propulsão, dinâmica de satélites e ambiente espacial e aplicá-los em situações relevantes da engenharia espacial.”

Objetivos mais avançados onde os trade-offs e opções de desenho são abordados, são implementados fazendo uso da metodologia de “Os estudos de caso” e “Seminários por individualidades externas”.

Finalmente o projeto de grupo visa desenvolver objetivos de aprendizagem ligados à conceção e trade-off nas temáticas da unidade curricular.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The lower-level learning objectives are addressed in the tutorial classes, in particular, the objectives “Describe the diversity of propulsion systems, satellites, and payload instrumentation;” and “Identify the various subsystems of a satellite and how they articulate”.

Intermediate learning goals are addressed with problem solving classes, using analytical and computational methods. This is particularly relevant for the learning goal “- Describe the physical principles of propulsion, satellite dynamics, and space environment, apply them in relevant situations of space engineering.”

More advanced objectives where the trade-offs and design options are addressed, are implemented using the “Case study” and “Seminars by external experts”.

Finally, the group project aims at developing more advanced learning goals, addressing conception and trade-off, within the theme of the curricular unit.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

David Vallado & James Wertz, Fundamentals of Astrodynamics and Applications, Microcosm Press, 2013, ISBN-13: 978-1881883180

Hanspeter Schaub & John Junkins, Analytical Mechanics of Space Systems, AIAA, 2018, ISBN-13: 978-1624105210

Peter Fortescue, Graham Swinerd, John Stark; Spacecraft Systems Engineering, Wiley, 2011, ISBN-13: 978-0470750124

George Sebestyen et al. Low Earth Orbit Satellite Design, Springer, 2018, ISBN-13: 978-3319683140

George Sutton & Oscar Biblateralz, Rocket Propulsion Elements, Wiley, 2016, ISBN-13: 978-1118753651

Stephen Heister, Rocket Propulsion, Cambridge University Press, 2019, ISBN-13: 978-1108422277

Vincent Pisacane, The Space Environment and Its Effects on Space Systems, 2016, ISBN-13: 978-1624103537

Artigos em revistas com revisão.

Anexo II - Engenharia Física dos Dados e da Computação

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Engenharia Física dos Dados e da Computação

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Physical Engineering of Data and Computing

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*EFIS***9.4.1.3. Duração:***Semestral***9.4.1.4. Horas de trabalho:***162***9.4.1.5. Horas de contacto:***28***9.4.1.6. ECTS:***6***9.4.1.7. Observações:***Opcional***9.4.1.7. Observations:***Optional***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Carlos Daniel Diogo Matias Pintassilgo, 8 OT***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***Jaime dos Santos, Cardoso, 10 OT; Renato Natal Jorge, 10 OT***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A presente unidade curricular envolve tópicos avançados de Física Computacional, enquadrados no trabalho da tese de Doutoramento. Pretende-se que o estudante utilize ferramentas numéricas, designadamente COMSOL, ABAQUS, MATLAB, e PYTHON, acompanhadas pelos fundamentos teóricos correspondentes. Dependendo do conjunto de problemas físicos, aprendizagem computacional, computação paralela e aplicação de ciência de dados serão igualmente abordados. No final do semestre, o estudante deverá ser capaz de:

- 1) analisar corretamente as equações que descrevem um dado sistema físico;*
- 2) desenvolver modelos e algoritmos numéricos capazes de simular essa situação física;*
- 3) escolher a representação numérica mais apropriada a um dado problema;*
- 4) possuir um conhecimento sólido em termos de elementos finitos;*
- 5) ter capacidade crítica de análise dos resultados, usando técnicas de verificação e de validação;*
- 6) abordar conceitualmente computação paralela e processamento de grandes conjuntos de dados.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

This curricular unit involves advanced topics in Computational Physics, framed in the work of the Doctoral thesis. It is intended that the student uses numerical tools, namely COMSOL, ABAQUS, MATLAB, and PYTHON, accompanied by the corresponding theoretical foundations. Depending on the set of physical problems, computational learning, parallel computing and application of data science will also be covered. At the end of the semester, the student should be able to:

- 1) correctly analyze the equations that describe a given physical system;*
- 2) develop numerical models and algorithms capable of simulating this physical situation;*
- 3) choose the most appropriate numerical representation for a given problem;*
- 4) possess a solid knowledge in terms of finite elements;*
- 5) have critical ability to analyze the results, using verification and validation techniques;*
- 6) conceptually address parallel computing and processing of large data sets.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

A unidade curricular está organizada em três módulos:

Módulo 1 (Elementos finitos)

Problemas discretos e contínuos. Análise linear-elástica bi-dimensional. Campo de deslocamentos, de deformações e de tensões. Sistema de forças nodais. Equilíbrio do elemento finito e de todo o domínio. Funções de interpolação; entre outros

Módulo 2 (Aprendizagem computacional/machine learning)

1. Introdução à Teoria da aprendizagem. 2. Modelos Lineares para Regressão; 3. Modelos generativos para classificação; 4. Classificadores não generativos 5. Seleção e avaliação de modelos 6. Introdução às redes neuronais 7. Introdução às máquinas de vetores de suporte; entre outros

Módulo 3 (Simulação de sistemas físicos)

1. Representação de números no computador. 2. Integração numérica. 3. Resolução numérica de equações diferenciais ordinárias e parciais. Resolução da equação de onda, de difusão e de Poisson. 5. Sistemas de equações acopladas. 6 Validação e verificação de modelos numéricos; entre outros

9.4.5. Syllabus:

The course is organized into three modules:

Module 1 (Finite Elements)

Discrete and continuous problems. Two-dimensional linear-elastic analysis. Field of displacements, strains and stresses. Nodal force system. Finite element and domain-wide equilibrium. Interpolation functions; and others

Module 2 (Computer learning/machine learning)

1. Introduction to Learning Theory. 2. Linear Models for Regression; 3. Generative models for classification; 4. Non-generative classifiers 5. Selection and evaluation of models 6. Introduction to neural networks 7. Introduction to support vector machines; and others

Module 3 (Simulation of Physical Systems)

1. Representation of numbers on the computer. 2. Numerical integration. 3. Numerical resolution of ordinary and partial differential equations. Resolution of wave, diffusion and Poisson equations. 5. Systems of coupled equations. 6 Validation and verification of numerical models; and others

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

Cada dia são mais importantes na física os métodos computacionais. Com rápido desenvolvimento dos computadores o grande aumento do poder de cálculo dos processadores e placas gráficas, o tipo de problemas físicos que podem ser resolvidos numericamente aumenta constantemente. Consequentemente, a formação de base de um investigador em Engenharia Física deve incluir o estudo dos métodos computacionais para resolução de problemas nessa área, com uma sólida componente em métodos de elementos finitos e aprendizagem computacional, caso seja necessário. O programa proposto inclui métodos que podem ser aplicados em várias áreas diferentes.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

Computational methods in physics are becoming more important every day. The rapid development of computers and the considerable increase in the computational power of processors and graphic cards has expanded significantly the kind of physics problems that can be solved numerically. Therefore, the basic training of a researcher on Physics Engineering must include the study of computational methods to solve problems in that area, involving whenever necessary parallel computing and machine learning. The syllabus proposed includes methods that can be applied in many different fields.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas tutoriais. No início do semestre selecionam-se as secções da bibliografia obrigatória que o estudante deve estudar. A seleção dos tópicos é feita tendo em conta o perfil específico e interesses de investigação de cada estudante inscrito. O estudante deve reunir semanalmente ou de duas em duas semanas com um dos docentes, para uma sessão tutorial; no fim de cada sessão tutorial é indicado algum material de leitura para estudo fora de aulas, juntamente com tarefas específicas a desenvolver em cada um dos módulos da unidade curricular, o qual será alvo de um trabalho a realizar pelo estudante até o final do semestre.

Tipo de Avaliação: distribuída sem exame final.

Fórmula de avaliação: $(M1 + M2 + M3)/3$, onde M1, M2 e M3 são as classificações obtidas nos trabalhos a realizar na sequência dos módulos 1, 2 e 3, respetivamente.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Tutorial lectures. The sections from the mandatory bibliography which the student must study will be selected at the beginning of the semester. Topics will be chosen to take into account the specific profile and research interests of each student. The student should meet with one of the teachers on a weekly basis, or every two weeks, for a tutorial session; at the end of each of those sessions, the teacher will assign some reading material for independent study, as well as specific tasks to solve in each of the three modules of the curricular unit. These tasks will be evaluated until the end of the semester.

Distributed evaluation without final examination. Evaluation formula: $(M1+M2+M3)/3$, where M1, M2, and M3 are the grades obtained in the works carried out within modules 1m 2 and 3, respectively.

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

Os objetivos de aprendizagem são abordados nas aulas tutoriais, designadamente “analisar corretamente as equações e condições que descrevem um dado sistema físico” e “aplicar conceitos como aprendizagem computacional, computação paralela e processamento de grandes conjuntos de dados, caso a situação física o justifique”. Objetivos de aprendizagem aplicados ao trabalho de investigação são desenvolvidos nos pontos “desenvolver modelos e algoritmos numéricos capazes de simular essa situação física e “escolher a representação numérica mais apropriada a um dado problema, de forma a minimizar o erro numérico e otimizar o algoritmo usado”. Por fim, o estudo e trabalho realizados nesta unidade curricular enquadram-se, numa perspetiva mais geral, nos objetivos de aprendizagem “possuir um conhecimento sólido em termos de elementos finitos que permita uma

adequada compreensão dos resultados obtidos” e “ter capacidade crítica de análise dos resultados, usando técnicas de verificação e de validação”.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

Learning objectives are addressed in the tutorial classes, namely “correctly analyze the equations and conditions describing a given physical system” and “use machine learning, parallel computing, and multivariate data analysis methodologies when necessary to correctly describe a physical situation”. Learning objectives related to the PhD research work are undertaken in items “develop numerical models and algorithms capable to simulate that physical situation” and “choose correctly the most reliable numerical approach to a given problem, minimizing the numerical error and optimizing the developed algorithm”. Finally, the work carried out in this curricular unit, in a broader perspective, is related to the learning goals “have a critical analysis of the obtained results, using validation/verification techniques” and “use machine learning, parallel computing, and multivariate data analysis methodologies when necessary to correctly describe a physical situation”, which bridges up the different evaluation items.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Thijssen, J. M. (2013) Computational Physics. Cambridge University Press, ISBN: 978-0521575881
Gutttag, J. V. (2013) Introduction to Computation and Programming Using Python, Boston. Cambridge, USA. MIT Press. ISBN: 978-0262525008
Ferreira, A. J. M. (2008) MATLAB Codes for Finite Element Analysis, Springer. ISBN: 978-1-4020-9199-5
Fish, J and Belytscho, T. (2007) A First Course in Finite Elements, Wiley. ISBN: 978-0-470-03580-1
Bishop, C. M. (2016). Pattern recognition and machine learning. Springer.
Theodoridis, S. (2019). Machine Learning: A Bayesian and Optimization Perspective. Academic Press.

Anexo II - Engenharia Física Nuclear, da Radiação e das Partículas

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Engenharia Física Nuclear, da Radiação e das Partículas

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Engineering Nuclear, Radiation and Particle Physics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EFIS

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

28

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

Optativa

As horas de contacto da unidade curricular correspondem às aulas de orientação tutorial (OT). O total das horas de contacto será repartido, em função dos conteúdos programáticos, entre os docentes da unidade curricular, até um máximo de 18h por docente.

9.4.1.7. Observations:

Optional

The contact hours (36) of the curricular unit correspond to tutorial orientation classes (OT). The total contact hours will be shared, depending on the syllabus, among the course unit teachers, up to a maximum of 18 hours per teacher.

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

António José dos Santos Silva (OT, 10h)

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

Diana Maria Carreira Pires Urbano (OT, 9h)

Pedro Manuel Peixoto Teles (OT, 9h)

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

A unidade curricular visa dotar os estudantes de uma formação abrangente na área da Física Nuclear, das Radiações e das Partículas, especializada e diferenciada em termos destes tópicos e das diferentes aplicações relevantes para a formação de cada estudante.

Conhecimentos e aptidões:

- *Enunciar os conceitos fundamentais da fenomenologia nuclear, da radiação e das partículas*
- *Descrever qualitativa e quantitativamente as interações da radiação, incluindo partículas, com a matéria*
- *Identificar as grandezas relevantes e os respetivos sistemas de unidades*
- *Explicar as diferentes aplicações da Física Nuclear e da Radiação: reatores nucleares, radiação ciclotrão e sincrotrão, aceleradores de partículas, detetores de partículas, aplicações industriais, médicas e de investigação.*
- *Listar e usar diferentes fontes de informação sobre nuclídeos e radiação*
- *Explicar a relevância da proteção radiológica em diferentes contextos*
- *Indicar a legislação pertinente nas diferentes aplicações*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The curricular unit aims to provide students with comprehensive training in the area of Nuclear, Radiation and Particle Physics, specialized and differentiated in terms of these topics and the different applications relevant to each student's training.

Knowledge and skills:

- *State the fundamental concepts of nuclear, radiation, and particle phenomenology*
- *Describe qualitatively and quantitatively the interactions of radiation, including particles, with matter*
- *Identify the relevant quantities and the respective unit systems*
- *Explain the different applications of Nuclear Physics and Radiation: nuclear reactors, cyclotron, and synchrotron radiation, particle accelerators, particle detectors, industrial, medical, and research applications.*
- *List and use different sources of information about nuclides and radiation*
- *Explain the relevance of radiological protection in different contexts*
- *Indicate the relevant legislation in the different applications*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

A. Física nuclear

Estrutura, propriedades transformações e interações nucleares

B. Radiação

Descrição e fontes de radiação; Radiação e interação da radiação com a matéria; Produção de raios-X; Detetores de radiação; Instrumentação; Princípios fundamentais de espectrometria alfa, beta e gama; Dosimetria e blindagem das radiações.

C. Aplicações nucleares, da radiação e das partículas

Produção de radioisótopos e de radiação e feixes de partículas; Instalações; Aplicações analíticas e industriais; Produção de energia; Controlo, qualidade e segurança

D. Aplicações em saúde

Radiologia; Radioterapia; Medicina Nuclear; Aplicações emergentes: iões pesados, teranóstica; Dosimetria; Radiofarmácia; Proteção da radiação; Controlo e qualidade

E. Legislação

Proteção radiológica - enquadramento internacional e instituições; Legislação nacional, europeia; Princípios de proteção; monitorização e proteção do paciente, dos trabalhadores profissionalmente expostos e do público em geral; limites de dose.

9.4.5. Syllabus:

A. Nuclear physics

Structure, properties, transformations and nuclear interactions

B. Radiation

Description and sources of radiation; Radiation and interaction of radiation with matter; X-ray production; radiation detectors; Instrumentation; Fundamentals of alpha, beta and gamma spectrometry; Dosimetry and radiation shielding.

C. Nuclear, Radiation and Particle Applications

Production of radioisotopes and radiation and particle beams; Installations; Analytical and industrial applications; Production of energy; Control, quality and safety

D. Health Applications

Radiology; Radiotherapy; Nuclear medicine; Emerging applications: heavy ions, theranostics; Dosimetry; Radiopharmacy; Radiation protection; Control and quality

E. Legislation

Radiological protection - international framework and institutions; National, European legislation; Protection principles; monitoring and protection of the patient, professionally exposed workers and the general public; dose limits.

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

Os conteúdos oferecidos permitem a aquisição de conhecimentos sobre os processos nucleares, da radiação e das partículas em Engenharia Física.

Os conhecimentos da fenomenologia nuclear são adquiridos no estudo da estrutura e propriedades dos núcleos atômicos (A). O estudo da fenomenologia da radiação (B) consiste na sistematização dos diferentes tipos de radiação e das grandezas usadas na sua descrição. A descrição da interação da radiação com a matéria centra-se no conhecimento dos diferentes processos físicos e conduz ao estudo da deteção e medição da radiação. O quadro dos

conhecimentos fundamentais (A e B) constitui a base dos exercícios e trabalhos que envolvem a consulta de fontes de informação sobre núclídeos e os seus decaimentos.

Estão incluídas as aplicações, desde as industriais e analíticas (C) até à área da saúde (D), permitindo a especialização na área de interesse do estudante. É ainda dado ênfase à proteção da radiação e ao controlo de qualidade e segurança (E).

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The contents offered allow the acquisition of knowledge about nuclear, radiation and particle processes in Physical Engineering.

Knowledge of nuclear phenomenology is acquired by studying the structure and properties of atomic nuclei (A). The study of radiation phenomenology (B) consists of systematizing the different types of radiation and the quantities used in its description. The description of the interaction of radiation with matter focuses on the knowledge of different physical processes and leads to the study of detection and measurement of radiation. The framework of fundamental knowledge (A and B) constitutes the basis of exercises and works that involve the consultation of information sources on nuclides and their decays.

Applications from industrial and analytical (C) to healthcare (D) are included, allowing specialization in the student's area of interest. Emphasis is also given to radiation protection and quality and safety control (E).

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino inclui aulas tutoriais e trabalho individual.

As aulas de orientação tutorial têm como objetivo detalhar os conceitos principais em estudo, apresentar problemas ilustrativos, definir as atividades a desenvolver pelos estudante e a indicação de bibliografia relevante. As aulas de orientação tutorial iniciam-se pelo relatório das atividades e a verificação dos trabalhos efetuados.

Cada estudante escolherá um trabalho escrito de síntese sobre um tema na sua área de interesse, o qual incluirá uma apresentação oral perante um júri formado pelos docentes da unidade curricular.

Tipo de Avaliação:

Avaliação distribuída com exame final

Condições de Frequência:

Assiduidade às aulas, realização das folhas de problemas e do trabalho de síntese.

Fórmula de classificação:

As componentes são as folhas de problemas (FP – 30%), o trabalho de síntese (TS – 30%) e o exame final (EF – 40%).

A fórmula da classificação final (CF) é

$$CF = 0,3*FP + 0,3*TS + 0,4*EF$$

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodology includes tutorial classes and individual work.

Tutorial orientation classes aim to detail the main concepts under study, present illustrative problems, define the activities to be developed by the student and the indication of relevant bibliography. Tutorial orientation classes begin with the report of activities and verification of the work carried out.

Each student will choose a written summary work on a topic in their area of interest, which will include an oral presentation before a jury formed by the course unit's teachers.

Type of Assessment:

Distributed assessment with final exam

Attendance Conditions:

Attendance to classes, completion of problem sheets and synthesis work.

Classification formula:

The components are the problem sheets (FP – 30%), the synthesis work (TS – 30%) and the final exam (EF – 40%).

The final classification formula (CF) is

$$CF = 0.3*FP + 0.3*TS + 0.4*EF$$

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

A unidade curricular procura oferecer uma formação flexível e orientada para as necessidades formativas dos estudantes. O conjunto de conteúdos programáticos permite, através de uma escolha criteriosa de tópicos de aplicação, atingir esse objetivo tanto nas áreas como no grau de especialização.

A aquisição dos conhecimentos fundamentais é garantida e pelas aulas tutoriais e o trabalho individual delas decorrente. Os tópicos apresentados, os exemplos abordados, o material fornecido, os planos de trabalho, com os objetivos detalhados em cada assunto e para cada estudante e as respetivas folhas de questões e problemas, constituem um guia pormenorizado para alcançar os objetivos individuais da aprendizagem.

Para além de guia, as aulas tutoriais tem ainda como objetivo acompanhar a evolução dos estudantes, fornecendo-lhes retorno, permitindo identificar e ultrapassar rapidamente eventuais dificuldades.

O trabalho de síntese, abordando tópicos mais avançados em maior profundidade, promove a consolidação de

conhecimentos fundamentais e a sua aplicação em situações mais complexas. Promove ainda a procura autónoma de informação, a sua seleção e organização.

O exame final visa aferir os conhecimentos fundamentais e a capacidade do estudante para sustentar e defender opiniões técnicas sobre as aplicações que estudou.

O conjunto de atividades propostas a cada estudante tem ainda, para além da aquisição dos conhecimentos na área científica e técnica, a finalidade de promover pela prática a autonomia no estudo e na resolução de problemas. O acompanhamento tutorial destas atividades promove o espírito crítico e permite reforçar a capacidade de síntese, a autoavaliação e as capacidades de argumentação e fundamentação. A realização de trabalho individual escrito, folhas de questões e problemas ou o relatório do trabalho de síntese, contribui para a eficiência na comunicação escrita. A discussão dos resultados das atividades e a apresentação oral dos resultados do trabalho de síntese contribui para desenvolver uma comunicação oral eficaz. A orientação tutorial das atividades dos estudantes inclui o acompanhamento da sua atitude, procurando que seja crítica, interessada e responsável.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The curricular unit seeks to offer flexible training geared to the needs of students. Through a careful choice of application topics, the syllabus set allows achieving this objective both in the areas and in the degree of specialization. The tutorial classes and the individual work guarantee the acquisition of the fundamental knowledge in the syllabus. The topics presented, the examples covered, the material provided, the work plans, the detailed objectives in each subject, and each student, including the related question and problem sheets, constitute a detailed guide to reach the individual learning objectives.

In addition to being a guide, the tutorial classes also aim to monitor the evolution of students, providing them with feedback, allowing them to identify and overcome any difficulties quickly.

The review report, considering more advanced topics, promotes fundamental knowledge and application in more complex situations. It also encourages the autonomous search for information, its selection, and organization.

The final exam aims to assess the student's fundamental knowledge and ability to support and defend technical opinions about the applications studied.

The set of activities proposed to each student, apart from leading to acquiring knowledge in the scientific and technical area, promotes, through practice, autonomy in studying and solving problems. Tutorial accompaniment of these activities supports critical thinking and strengthens synthesis, self-assessment, argumentation, and reasoning skills. In parallel, individually written works, questions, problem sheets, and the review report contribute to the efficiency of written communication. Effective verbal communication enters the discussion of the results of the activities and the oral presentation of the review report. Tutorial guidance of student activities includes monitoring their attitude, promoting them to be critical, interested, and responsible.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Lilley, J (2001) Nuclear physics (1st Ed.) John Wiley & Sons Inc

Krane, K. S. (1988) Introductory nuclear physics (1st Ed.) John Wiley & Sons

Burcham, W. E., Jobes, M. (1995) Nuclear and particle physics (2nd Ed.) John Wiley & Sons Inc

Hodgson, P. E., Gadioli, E., Gadioli Erba, E. (1997) Introductory nuclear physics (1st Ed.) Oxford University Press

Kamal, A, (2014) Nuclear Physics (2014th Ed.) Springer

Lamarsch, J.R., Baratta, A.J. (2001) Introduction to Nuclear Engineering (3rd Ed.) Addison-Wesley

Attix, F.H. (1986) Introduction to radiological physics and radiation dosimetry (2nd Ed.) Wiley-VCH

Podgorsak, E.B. (2010) Radiation Physics for Medical Physicists (2nd Ed.) Springer

Turner, J. E. (2007) Atoms, radiation, and radiation protection (3rd Ed.) Wiley-VCH

Pedro Andreo, David T. Burns, Alan E. Nahum, Jan Seuntjens, Frank H. Attix (2019); Fundamentals of Ionizing Radiation Dosimetry, Wiley-VCH

Anexo II - Manipuladores Robóticos

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Manipuladores Robóticos

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Robotic Manipulators

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:*Optativa***9.4.1.7. Observations:***Opcional***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Paulo José Cerqueira Gomes da Costa 42:T***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***N.A.***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Pretende-se que os estudantes adquiram competências que lhes permitam:*

- *identificar, analisar e descrever as equações relativas à cinemática direta e inversa para as diferentes configurações das articulações de um manipulador robótico;*
- *manipular as diferentes representações da orientação de um corpo rígido e identificar as mais adequadas para os diferentes tipos de problema;*
- *obter soluções para problemas de cálculo de trajetórias de uma manipulador tanto no espaço de trabalho como no espaço das articulações;*
- *programar a operação de uma manipulador recorrendo às diferentes linguagens de programação disponíveis*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:*It is expected to endow the students with skills to:*

- *identify, analyze and describe the direct and inverse kinematics equations for the different configurations of a robot manipulator;*
- *manipulate the different orientation representations of a rigid body and identify the most appropriate for each problem;*
- *obtain solutions for the trajectories of the robot's tool in both the workspace and in the joint space;*
- *program the operation of a manipulator using the different programming languages available*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Dinâmica de corpos rígidos a. Dinâmica de corpos rígidos b. Representação rotações c. Quaterniões 2. Cinemática direta e inversa a. A convenção Denavit-Hartenberg. b. Cinemática inversa. 3. O Jacobiano a. matrizes Skew simétricas. b. Cálculo do Jacobiano. c. Singularidades. d. Relação força / torque estática. e. Velocidade inversa e aceleração. f. Manipulabilidade. 4. Planeamento de trajetórias e caminhos a. Planeamento de trajetórias. b. Campos potenciais. c. Mapas probabilísticos. 5. Controlo das articulações a. Dinâmica do atuador. b. Modelo da articulação. c. Seguimento de referência d. PD, PID, projeto de espaço de estados. 6. Dinâmica do manipulador a. Equações de movimento. b. Propriedades das equações dinâmicas do robô. 7. Sensores externos avançados a. Sensores de Força / Torque . b. Sensores baseados em visão . 8. Ensino rápido e interfaces de programação a. Programação por demonstração. b. Programação usando dispositivos de entrada e saída especiais. c. Usando ficheiros CAD

9.4.5. Syllabus:

Rigid body dynamics a. Rigid body dynamics b. Rotation representation c. Quaternions 2. Forward and inverse kinematics a. The Denavit-Hartenberg convention. b. Inverse kinematics. 3. The Jacobian a. Skew symmetric matrices. b. Derivation of the Jacobian. c. Singularities. d. Static force/torque relationships. e. Inverse velocity and acceleration. f. Manipulability. 4. Path and trajectory planning a. Trajectory planning. b. Potential fields. c. Probabilistic roadmap. 5. Joint control a. Actuator dynamics. b. Joint model. c. Set-point tracking d. PD, PID, Feedforward and state space design. 6. Manipulator dynamics a. Equations of motion. b. Properties of robot dynamic equations. 7. Advanced external sensors a. Force/torque sensors. b. Vision based sensors. 8. Rapid teaching and programming interfaces a. Programming by demonstration. b. Programming using advanced input-output devices. c. Using CAD files

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

Esta UC intitulada Manipuladores Robóticos tem como objetivo dar ao aluno a capacidade de compreender e aplicar os principais conceitos assim como conhecer os mais recentes avanços neste campo. Para tal, há um livro de referência assim como uma lista de trabalhos de pesquisa que serão explorados. Os tópicos do curso são: Dinâmica de Corpos Rígidos, Representação de Rotações, Cinemática Direta e Inversa, Jacobiano, Planeamento de Trajetórias, Controlo Direto de Articulações e respetiva Dinâmica, Controlo Multivariável, Sensores Externos Avançados, Ensino Rápido e Interfaces de Programação.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

This graduate course on Robotics Manipulators aims to give the student the ability to understand and apply the recent advances in this field. There is a text book together with a list of selected original research papers in order to allow the students to follow the advances in the addressed topics. The course main topics are: rigid body dynamics, rotation representation, forward and inverse kinematics, the Jacobian, path and trajectory planning, joint control, dynamics, multivariable control, advanced external sensors, rapid teaching and programming interfaces.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A UC será organizada numa aula semanal. Durante as aulas os tópicos do curso serão apresentados. Os períodos de aplicação prática dos conceitos serão utilizados para a resolução de exercícios e para o desenvolvimento dos projetos. A avaliação inclui um projeto individual, relatório do projeto, apresentação e defesa. O relatório do projeto deverá ter um mínimo de 6 páginas e um máximo de 10 páginas. Código comentado e resultados ilustrativos devem ser apresentados em anexo. Os projetos serão apresentados em sessões especiais do curso. Projeto: 60% Apresentação do Projeto: (20%) Discussão do Projeto (20%) A classificação será de 0 a 20. A nota de passagem corresponde a um mínimo de 10.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The course will be organized in one weekly lecture. During the lectures the course topics will be presented. The practical/lab periods will be used for solving exercises and for the development of the assignments. The workload of the course consists of an individual project with the respective project report, the project presentation and discussion. A project report is required with a minimum of 6 pages and a maximum of 10 pages. Commented code and illustrative results must be reported in an additional file. The projects will be presented in special sessions of the course. Grading and evaluation is based on the following scheme: Project: 60% Project Presentation: (20%) Project Discussion (20%) Grading will be from 0 to 20. A Passing grade corresponds to a minimum of 10.

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

Os tópicos (Dinâmica de Corpos Rígidos, Representação de Rotações, Cinemática Direta e Inversa, Jacobiano, Planeamento de Trajetórias, Controlo Direto de Articulações e respetiva Dinâmica, Controlo Multivariável, Sensores Externos Avançados, Ensino Rápido e Interfaces de Programação) serão apresentados nas aulas teóricas. Os períodos de aplicação prática dos conceitos serão utilizados para a resolução de exercícios e para o desenvolvimento dos projetos individuais.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The topics (Rigid Body Dynamics, Rotation Representation, Direct and Inverse Kinematics, Jacobian, Trajectory Planning, Direct Joint Control and respective Dynamics, Multivariable Control, Advanced External Sensors, Fast Teaching and Programming Interfaces) will be presented in theoretical classes. The periods of practical application of the concepts will be used for the resolution of exercises and for the development of individual projects.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Spong, Mark W.; Robot modeling and control. ISBN: 0-471-64990-2

9.5. Fichas curriculares de docente

Anexo III - Jaime dos Santos Cardoso

9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Jaime dos Santos Cardoso

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo III - Renato Manuel Natal Jorge

9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Renato Manuel Natal Jorge

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo III - Armando Carlos Figueiredo Coelho de Oliveira

9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Armando Carlos Figueiredo Coelho de Oliveira

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo III - Abel Ilah Rouboa**9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Abel Ilah Rouboa***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Paulo José Cerqueira Gomes da Costa****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Paulo José Cerqueira Gomes da Costa***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - António José dos Santos Silva****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***António José dos Santos Silva***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Diana Maria Carreira Pires Urbano****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Diana Maria Carreira Pires Urbano***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Pedro Manuel Peixoto Teles****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Pedro Manuel Peixoto Teles***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Andrii Vovk****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Andrii Vovk***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Gleb Kalazei****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Gleb Kalazei***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - João José da Cunha e Silva Pinto Ferreira****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***João José da Cunha e Silva Pinto Ferreira***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - José Luís Campos Oliveira Santos****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***José Luís Campos Oliveira Santos*

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)