

ACEF/1819/0211282 — 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/1213/11282

1.2. Decisão do Conselho de Administração.

Acreditar com condições

1.3. Data da decisão.

2014-05-23

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 \(Ponto I.2\).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?

Sim

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

Quando da última avaliação e acreditação a duração do Ciclo de Estudos era de três anos. A justificação para esta duração encontrava explicação parcial no facto de, à época, ter existido uma determinação que limitava a duração das bolsas FCT a três anos, o que fez com que um grande número de programas doutorais, da FEUP e não só, tivessem optado por essa duração. Ora três anos veio a revelar-se, em muitos casos, não permitir tempo suficiente para a realização de trabalhos de investigação aprofundados e sólidos, como foi reconhecido pela Comissão Científica do Programa, e era visível no tempo médio necessário para a conclusão do grau, conforme apontado pela CAE. A recomendação da CAE de rever a duração do ciclo de estudos foi por isso bem acolhida e conduziu à sua alteração para quatro anos, o que constitui uma duração bem mais realista, particularmente no que respeita ao tempo destinado à elaboração da Tese.

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

At the last evaluation and accreditation, the duration of the study cycle was three years. The justification for this duration was partially explained by the fact that, at the time, there was a determination that limited the duration of the FCT scholarships to three years, which meant that a large number of doctoral programs, from FEUP and other schools, had opted for this duration. Three years has proved to be in many cases not enough time for the in-depth and thorough research that was envisaged, as recognized by the Scientific Committee of the Program, and was visible in the average time required to complete the degree, as pointed out by the CAE. The CAE's recommendation to review the duration of the study cycle was therefore welcomed and this revision led to a change in the duration to four years, which is a much more realistic period, particularly with regard to the time taken to prepare the Thesis.

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 explicação e fundamentação das alterações efetuadas.

Na sequência da alteração da estrutura curricular referida acima, o número de créditos ECTS da Tese foi aumentado para 180.

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

Following the change in the curricular structure referred to above, the number of ECTS credits in the Thesis was increased to 180.

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 Electrotécnica e de Computadores

1.3. Study programme.

*Electrical and Computer Engineering***1.4. Grau.***Doutor***1.5. Publicação do plano de estudos em Diário da República (PDF, máx. 500kB).**[1.5._Despacho nº 2208.2015 +Declaração de retificação nº 230.2015.pdf](#)**1.6. Área científica predominante do ciclo de estudos.***Engenharia Electrotécnica e de Computadores***1.6. Main scientific area of the study programme.***Electrical and Computer Engineering***1.7.1. Classificação CNAEF – primeira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos):***523***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:***522***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:***<sem resposta>***1.8. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau.***240***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):***4 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):***4 years***1.10. Número máximo de admissões.***30***1.10.1. Número máximo de admissões pretendido (se diferente do número anterior) e respetiva justificação.***Propõe-se um aumento do número máximo de admissões de 30 para 40, tendo em consideração que nos últimos 3 anos letivos tem sido pedido um número de vagas superior ao fixado em processo de acreditação, o que exige a consulta prévia do Conselho de Administração da A3ES.***1.10.1. Intended maximum enrolment (if different from last year) and respective justification.***It is proposed to increase the maximum number of admissions from 30 to 40, taking into account that in the last 3 academic years a number of vacancies has been requested above the one established in the accreditation process, each time demanding consultation with the A3ES Board of Directors.***1.11. Condições específicas de ingresso.***Nos termos do Regulamento dos 3ºs Ciclos da Universidade do Porto, podem ser aceites neste programa de doutoramento:**a) Os titulares do grau de mestre ou equivalente legal;**b) Os titulares de grau de licenciatura, detentores de um currículo académico ou científico relevante;**c) Os detentores de um currículo académico, científico ou profissional relevante.**Compete à Comissão Científica do Ciclo de Estudos a apreciação da relevância do currículo académico, científico e profissional, e a verificação de que atesta capacidade para a realização deste ciclo de estudos.**Os candidatos deverão possuir uma formação de base em Engenharia ou em Ciência e Tecnologia.**Serão admitidos apenas os candidatos com nota de seriação igual ou superior a 14 valores (escala numérica 0-20).***1.11. Specific entry requirements.***Under the Regulation of the 3rd Cycles of the University of Porto, can be accepted in this doctoral program:**a) Holders of the master degree or legal equivalent.**b) Holders of a bachelor's degree, holding a relevant academic or scientific curriculum.*

c) Holders of a relevant academic, scientific or professional curriculum. It is incumbent upon the Scientific Committee of the Study Cycle to assess the relevance of the academic, scientific and professional curriculum, and verify that it attests to the ability to carry out this cycle of studies. Candidates must have a background in Engineering or Science and Technology. Only candidates with a grade of equal to or greater than 14 values (numerical scale 0-20) will be admitted.

1.12. Regime de funcionamento.

Diurno

1.12.1. Se outro, especifique:

Não aplicável

1.12.1. If other, specify:

Not applicable

1.13. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

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

[1.14._Despacho_n__1536-2018.pdf](#)

1.15. Observações.

No que diz respeito ao campo 5 e 6, relativos a estudantes inscritos e graduados, deve ser tido em conta o seguinte: Os dados dos campos 5.1. não dizem respeito ao ano letivo corrente (2018/19) mas sim a 2017/18, e são os últimos reportados no inquérito estatístico RAIDES17.

Os dados do campo 5.2. dizem respeito a 2015/16, 2016/17 e 2017/18. Neste campo foi colocado o valor "0" nos campos "Nota de candidatura do último colocado" e "Nota média de entrada", dado que, neste caso, estes valores não se aplicam.

Os dados do campo 6.1.1. dizem respeito a 2014/15, 2015/16 e 2016/17, sendo que para o ano de 2014/15, foi considerado um plano de estudos com a duração de 3 anos, e para os anos seguintes um plano de estudos com a duração de 4 anos.

Relativamente ao campo 6.3.1. considerou-se, para os dados dos estudantes o ano 2017/18 e para os dados dos docentes o ano 2018/19.

As unidades curriculares: Tópicos Especiais em Comunicações Digitais, Software Orientado para a Modelação, Processos Estocásticos, Redes de Comunicação e Multimédia nunca tiveram ocorrência. Relativamente às unidades curriculares: Simulação de Mercados, Instrumentação e Teste de Sistemas, Gestão e Controlo de Redes, as mesmas não tem ocorrência em 2018/19, mas já tiveram ocorrência em anos letivos anteriores.

1.15. Observations.

With regard to fields 5 and 6, concerning enrolled and graduated students, the following must be taken into account: The data in field 5.1. are not related to the current academic year (2018/19) but to 2017/18, and are the latest reported in the statistical survey RAIDES17.

The data in field 5.2. refer to the 2015/16, 2016/17 and 2017/18 academic years. In this field the value "0" was entered in the "Grade of last admitted candidate" and "Average input grade" fields, since in this case these values do not apply. The data in field 6.1.1. refer to the academic years of 2014/15, 2015/16 and 2016/17, but for the academic year 2014/15, it was considered a study plan with a duration of 3 years, and for the following years a study plan with a duration of 4 years.

For field 6.3.1. the academic year of 2017/18 was considered for student data, while the year of 2018/19 was considered for teaching staff data.

The curricular units: Special Topics in Digital Communications, Model Driven/Aspect Oriented Software, Stochastic Processes, Communication Networks and Multimedia have never occurred. Regarding the curricular units: Market Simulation, Instrumentation and Systems Testing, Network Management and Control, these have not occurred in 2018/19, but have already occurred in previous academic years.

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):

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

2.2. Estrutura Curricular - Não aplicável

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

Não aplicável

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

Not applicable

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 Eletrotécnica e de Computadores/Electrical and Computer Engineering	EEC	202.5	0	
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores/Electrical and Computer Engineering/Outras áreas técnicas/Other Technical Areas	EEC/OAT	0	37.5	
(2 Items)		202.5	37.5	

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.

A parte fundamental do trabalho, que envolve a produção de investigação original e o desenvolvimento de capacidade de conduzir investigação de forma autónoma, é realizada no âmbito da Tese. É difícil aqui falar de metodologia de ensino propriamente dita, porque a aprendizagem assume formas diferenciadas, fortemente dependentes da interação estabelecida entre o estudante e a sua equipa de orientação. O estudante tem aqui um papel ativo e central na criação do seu processo de aprendizagem, e na forma de tirar partido da liberdade que lhe é permitida.

Já no que respeita à parte curricular, e às unidades que a constituem, as metodologias utilizadas são as tradicionalmente praticadas em programas de 3º ciclo. Incluem uma componente de exposição, mas também de estudo independente e apresentações aos colegas. Prevêem também um espaço considerável para o estudante intervir de forma ativa no processo de aprendizagem, que começa aliás com a própria escolha das UCs optativas que frequenta.

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.

The fundamental part of the work, which involves the production of original research and the development of ability to conduct research autonomously, is carried out under the Thesis. It is difficult here to speak of teaching methodology properly, because learning takes different forms, strongly dependent on the interaction established between the student and his supervising team. The student has an active and central role here in creating his learning process, and in taking advantage of the freedom he is given in this process.

Regarding the curricular part, and the units that constitute it, the methodologies used are those traditionally practiced in 3rd cycle programs. They include subject matter presentation, but also independent study and presentations by the students to the group. They provide a considerable space for the student to intervene actively in the learning process, which starts with the very choice of the optional UCs that he / she attends.

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

No que respeita à parte curricular deste ciclo de estudos, esta verificação tem como base os mecanismos de autorregulação inerentes a estas situações, que são permitidos pelo acompanhamento próximo realizado pelos docentes. Assim a carga média de trabalho nas unidades curriculares que compõem esta parte, baseada na experiência dos docentes, é ajustada pela maneira como os estudantes reagem às solicitações que lhes são dirigidas, que podem revestir a forma de apresentações de trabalhos, discussões de tópicos em ambiente de aula, leitura e crítica de artigos sobre temas avançados. Essa carga varia, naturalmente, com as capacidades dos estudantes e com a preparação anterior que possuem nos diferentes tópicos que são objeto de estudo. Não temos conhecimento de desajustes que não tenham sido resolvidos no âmbito do funcionamento normal das unidades curriculares, isto é, que tenham requerido a intervenção da Direção do Programa ou da Comissão Científica.

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

With regard to the curricular part of this cycle of studies, this verification is based on the self-regulation mechanisms inherent to these situations, which are allowed by the close monitoring carried out by the teachers. Thus the average

work load in the curricular units that compose this part, based on the experience of the teachers, is adjusted by the way how the students react to the requests that are directed to them, that can take the form of presentations of works, discussions of topics in environment reading, and critiquing articles on advanced topics. This burden, of course, varies with the abilities of the students and the previous preparation they have on the different topics that are the object of study. We are not aware of any problem that has not been solved in the scope of the normal operation of the curricular unit, that is, that has required the intervention of the Direction of the Program or the Scientific Committee.

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

A avaliação da aprendizagem é feita com base em regras apresentadas aos estudantes no início de cada unidade curricular, e que são descritas nas fichas de unidade curricular, que são disponibilizadas no início de cada período letivo aos estudantes de todos os ciclos de estudo da FEUP. Naturalmente, cabe sempre ao docente responsável apreciar e avaliar os desempenhos dos estudantes e a forma como responde ao que lhes é solicitado, quer em exames quer em trabalhos realizados, à luz dos objetivos de aprendizagem também especificados e conhecidos. A avaliação do trabalho da Tese é feita em provas públicas, através de um Júri nomeado de acordo com a Lei e com o Regulamento dos 3º Ciclos da Universidade do Porto.

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

The evaluation of the learning process is based on rules that are presented to the students at the beginning of every curricular unit, and which are described in the course fiches made available at the beginning of the semester to students of all FEUP study cycles. Of course, it is always up to the professor to assess and evaluate the students performances and the way in which they respond to what is requested, both in examinations and in the presentation of their work, in the light of the learning objectives also specified and known. The evaluation of the work of the thesis is done in a public exam, through a jury appointed in accordance with the Law and the Regulation of the 3rd Cycles of the University of Porto.

2.4. Observações

2.4 Observações.

2.4 Observations.

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.

*José Silva Matos – Professor Catedrático – Diretor do Ciclo de Estudos
Aurélio Castro Campilho – Professor Catedrático – Diretor Adjunto do Ciclo de Estudos
José Nuno Fidalgo – Professor Associado – membro da Comissão Científica
Luís Pinho de Almeida – Professor Associado – membro da Comissão Científica
Manuel Pereira Ricardo – Professor Catedrático – membro da Comissão Científica
Comissão de Acompanhamento:
José Silva Matos – Diretor do Ciclo de Estudos
Aníbal Coimbra de Matos – membro do corpo docente
Vasco Correia – estudante
John Harrison Kurunathan - estudante
Todos docentes em tempo integral e dedicação exclusiva. / All full-time teachers and exclusive dedication.*

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 / Specialist	Especialista / Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment link	Informação / Information
Adriano da Silva Carvalho	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Eng ^a Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Aníbal João de Sousa Ferreira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
António Miguel Pontes Pimenta Monteiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Aurélio Joaquim de Castro Campilho	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Bernardo Sobrinho Simões	Professor Associado	Doutor	Engenharia Industrial e	100	Ficha

de Almada Lobo	ou equivalente		Gestão		submetida
Carlos Coelho Leal Monteiro Moreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia	100	Ficha submetida
Diamantino Rui da Silva Freitas	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Jaime dos Santos Cardoso	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Abel Peças Lopes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Paulo Tomé Saraiva	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Sistemas Eléctricos de Energia	100	Ficha submetida
José Alberto Peixoto Machado da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
José Carlos dos Santos Alves	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Luis Miguel Pinho de Almeida	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Manuel Alberto Pereira Ricardo	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Manuel António Cerqueira da Costa Matos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica - Produção e Transporte	100	Ficha submetida
Maria do Rosário Marques Fernandes Teixeira de Pinho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Maria Helena Osório Pestana de Vasconcelos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Maria Margarida de Amorim Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Maria Paula Macedo Rocha Malonek	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Matemática e Ciências Naturais - Sistemas e Controlo	100	Ficha submetida
Mário Jorge Rodrigues de Sousa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Paulo Jorge de Azevedo Lopes dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Paulo José Cerqueira Gomes da Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Ricardo Santos Morla	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Computer Science	100	Ficha submetida
Sérgio Reis Cunha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e Computadores / Controlo	100	Ficha submetida
Vítor Manuel Grade Tavares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Vladimiro Henrique Barrosa Pinto de Miranda	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica	100	Ficha submetida
Daniel Augusto Gama Castro Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática	100	Ficha submetida
José Alfredo Ribeiro da Silva Matos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Electrical Engineering	100	Ficha submetida
Aníbal Castilho Coimbra de Matos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Fernando Arménio da Costa Castro e Fontes	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Electrical and Electronic Engineering	100	Ficha submetida
Fernando Manuel Ferreira Lobo Pereira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotecnica (de Controlo)	100	Ficha submetida
Henrique Manuel de Castro Faria Salgado	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Manuel Paiva Cardoso	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia de Computadores / Computer Engineering	100	Ficha submetida
João Tasso de Figueiredo Borges de Sousa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Paulo José Lopes Machado Portugal	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Pedro Alexandre Guimarães Lobo Ferreira Souto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Computer Science	100	Ficha submetida
João Paulo de Castro Canas Ferreira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Luís Gonçalo Rodrigues Reis Figueira	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Industrial e Gestão	17.9	Ficha submetida

3717.9

<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.**

38

3.4.1.2. Número total de ETI.

37.17

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:	37	99.542641915523

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):	37.17	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	36	96.852300242131
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 em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	37	99.542641915523
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.

Ainda que a sua afetação à lecionação do ciclo de estudos deva ser considerada de forma indireta, referimos aqui o pessoal não-docente ligado aos Serviços Académicos, à Biblioteca e aos serviços de apoio informático. Para o desenvolvimento das suas atividades no âmbito da administração, e gestão de ciclo de estudos, os Serviços Académicos contam com 18 pessoas a tempo inteiro, que dão apoio transversal a todos os ciclos de estudos/cursos da Faculdade de Engenharia. O pessoal não-docente ligado à Biblioteca e aos Serviços de Documentação e Informação da FEUP, é em número de 35, e a UPDigital, que presta apoio informático a toda a UPorto, conta com 74 colaboradores.

Os Serviços do DEEC prestam apoio ao PDEEC no atendimento aos estudantes e acompanhamento do seu processo académico, no secretariado dos docentes, na assessoria à Direção do ciclo de estudo e no necessário apoio técnico e informático. Este apoio é realizado por 7 técnicos.

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

Although only indirectly affected to the teaching of the cycle of studies, we refer here the non-teaching staff connected to the Academic Services, the Library and the computer support services of FEUP. For activities in the field of administration and management of the study cycle, the Academic Services have 18 full-time staff, who give transversal support to all cycles of studies of FEUP. There are 35 people in the non-teaching staff connected to the Library and the Documentation and Information Services of FEUP, and UPDigital, which provides IT support to all UPorto, has 74 employees.

The DEEC Services provide support to PDEEC in attending students and following up on their academic process, in the teachers' secretariat, in advising the Director of the study cycle and in the necessary technical and computer support. This support is carried out by 7 technicians.

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

Dos 18 recursos humanos afetos aos Serviços Académicos, 3 possuem mestrado, 11 licenciatura e 4 o ensino secundário. Dos 35 colaboradores afetos aos Serviços de Documentação e Informação da FEUP, 25 possuem graus de licenciatura ou mestrado.

Dos 7 técnicos dos Serviços do DEEC que prestam apoio à lecionação do ciclo de estudos, 5 têm formação superior (licenciatura ou mestrado).

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

Of the 18 human resources allocated to Academic Services, 3 have a master's degree, 11 a bachelor's degree and 4 have secondary education. Of the 35 collaborators assigned to the Documentation and Information Services of FEUP, 25 have undergraduate or master's degrees.

Of the 7 technicians of the DEEC Services who provide support to the teaching of the study cycle, 5 have undergraduate or master's degrees.

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.

83

5.1.2. Caracterização por género

5.1.1. Caracterização por género / Characterisation by gender

Género / Gender	%
Masculino / Male	86
Feminino / Female	14

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
Doutoramento	83

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	30	36	34
N.º de candidatos / No. of candidates	23	27	27
N.º de colocados / No. of accepted candidates	23	27	27
N.º de inscritos 1º ano 1ª vez / No. of first time enrolled	14	19	24
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.

Dos 84 estudantes que o sistema de informação da FEUP indica como registados em 2018/2019, uma percentagem de 38% (32 estudantes) é estrangeira. São provenientes maioritariamente de países da CPLP (16 estudantes, dos quais 15 do Brasil), da União Europeia (3 estudantes) e de vários outros países (Estados Unidos da América, Irão, China, Índia, Colômbia, Nigéria, Líbia, Chile e México).

5.3. Eventual additional information characterising the students.

Of the 84 students that the FEUP information system indicates as registered in 2018/2019, a percentage of 38% (32 students) is of foreign origin. They come mainly from CPLP, the Community of Portuguese Speaking Countries (16 students, 15 from Brazil), from the European Union (3 students) and from several other countries (United States of America, Iran, China, India, Colombia, Nigeria, Libya, Chile and Mexico).

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	15	12	11
N.º graduados em N anos / No. of graduates in N years*	1	2	1
N.º graduados em N+1 anos / No. of graduates in N+1 years	0	3	4
N.º graduados em N+2 anos / No. of graduates in N+2 years	4	3	2
N.º graduados em mais de N+2 anos / No. of graduates in more than N+2 years	10	4	4

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).

Lista de Teses aprovadas entre 2015 e 2017.

Mixed-signal Test and Measurement Framework for Wearable Monitoring System, 2015

First order optimality conditions under state constraints, 2015

Reliable Mobility Support in Low-Power Wireless Networks, 2015

Real-time Limited Preemptive Scheduling, 2015

Many-Core Platforms in the Real-Time Embedded Computing Domain, 2015

Experimental validation of microgrids: exploiting the role of plug-in electric vehicles, active load control and micro-

generation units,2015
Acoustic Feedback and Echo Cancellation in Speech Communication Systems,2015
An automatic mammogram system: from screening to diagnosis,2015
Advanced Image Analysis for the Assessment of Retinal Vascular Changes,2015
Power Generation System for Series Hybrid Electric Vehicles,2015
Accelerated Sparse Coding with Overcomplete Dictionaries for Image Processing Applications,2015
Reconfigurable Custom Computing for Population-Based Optimization Metaheuristics: Accelerating Genetic Algorithms with FPGAs,2015
Enhancing life cycle sustainability in system of systems: an event driven framework for changeability,2015
Liveness Detection and Robust Recognition in Iris and Fingerprint Biometric Systems,2015
Improving QoS for large-scale WSNs,2015,2015
Computing Aggregate Quantities in Large-Scale and Dense Sensor Networks,2016
Framework for the Development of Parallel and Distributed Real-Time Embedded Systems,2016
Modeling, control, and optimization of networked vehicle systems,2016
Communications and Middleware for Cooperating Heterogeneous and Autonomous Mobile Robots,2016
Adaptive Ocean Sampling with Modular Robotic Platforms,2016
Timing Analysis of General Purpose Graphics Processing Units for Real-Time Systems: Models and Analyses,2016
Generation of Custom Run-Time Reconfigurable Hardware for Transparent Binary Acceleration,2016
Cell mobility and morphology joint analysis in Biology assays,2016
Towards mitigating unwanted calls in voice over IP,2016
Schedulability Analysis of Multiprocessor Real-time Systems Using Pruning, 2016
Indoor Sound Based Localization, 2016
Navigation Algorithms for Sensor-limited Autonomous Underwater Vehicles, 2016
Application-driven Wireless Sensor Networks, 2017
Integration of battery energy storage systems in the planning and operation of distribution networks, 2017
Coding over Multiple Wireless Interfaces, 2017
Moving Path Following Control System for Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicles, 2017
Wireless protocols and channel estimation for data gathering with mobile nodes, 2017
Integrating dataflow and non-dataflow real-time application models on multi-core platforms, 2017
Fiabilidade e robustez da localização de robôs móveis, 2017
Multimodal Biometric Recognition under Unconstrained Settings, 2017
Advanced Fast HVDC Circuit Breakers, 2017
QoE based Management and Control for Large-scale VoD System in the Cloud, 2017
Planning search missions using a small size AUV, 2017
Towards Efficient Mobile IoT with Heterogeneous Networks, 2017

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).

List of Thesis aproved between 2015 and 2017.
Mixed-signal Test and Measurement Framework for Wearable Monitoring System,2015
First order optimality conditions under state constraints,2015
Reliable Mobility Support in Low-Power Wireless Networks,2015
Real-time Limited Preemptive Scheduling,2015
Many-Core Platforms in the Real-Time Embedded Computing Domain,2015
Experimental validation of microgrids: exploiting the role of plug-in electric vehicles, active load control and micro-generation units,2015
Acoustic Feedback and Echo Cancellation in Speech Communication Systems,2015
An automatic mammogram system: from screening to diagnosis,2015
Advanced Image Analysis for the Assessment of Retinal Vascular Changes,2015
Power Generation System for Series Hybrid Electric Vehicles,2015
Accelerated Sparse Coding with Overcomplete Dictionaries for Image Processing Applications,2015
Reconfigurable Custom Computing for Population-Based Optimization Metaheuristics: Accelerating Genetic Algorithms with FPGAs, 2015
Enhancing life cycle sustainability in system of systems: an event driven framework for changeability,2015
Liveness Detection and Robust Recognition in Iris and Fingerprint Biometric Systems,2015
Improving QoS for large-scale WSNs,2015,2015
Computing Aggregate Quantities in Large-Scale and Dense Sensor Networks,2016
Framework for the Development of Parallel and Distributed Real-Time Embedded Systems,2016
Modeling, control, and optimization of networked vehicle systems,2016
Communications and Middleware for Cooperating Heterogeneous and Autonomous Mobile Robots,2016
Adaptive Ocean Sampling with Modular Robotic Platforms,2016
Timing Analysis of General Purpose Graphics Processing Units for Real-Time Systems: Models and Analyses,2016
Generation of Custom Run-Time Reconfigurable Hardware for Transparent Binary Acceleration,2016
Cell mobility and morphology joint analysis in Biology assays,2016
Towards mitigating unwanted calls in voice over IP,2016
Schedulability Analysis of Multiprocessor Real-time Systems Using Pruning,2016
Indoor Sound Based Localization, 2016
Navigation Algorithms for Sensor-limited Autonomous Underwater Vehicles,2016
Application-driven Wireless Sensor Networks, 2017
Integration of battery energy storage systems in the planning and operation of distribution networks,2017
Coding over Multiple Wireless Interfaces, 2017
Moving Path Following Control System for Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicles,2017
Wireless protocols and channel estimation for data gathering with mobile nodes, 2017
Integrating dataflow and non-dataflow real-time application models on multi-core platforms, 2017

Fiabilidade e robustez da localização de robôs móveis, 2017
Multimodal Biometric Recognition under Unconstrained Settings, 2017
Advanced Fast HVDC Circuit Breakers, 2017
QoE based Management and Control for Large-scale VoD System in the Cloud, 2017
Planning search missions using a small size AUV, 2017
Towards Efficient Mobile IoT with Heterogeneous Networks, 2017

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

Não se aplica.

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

Not applicable.

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 FEUP não realiza com regularidade estudos de empregabilidade dos seus terceiros ciclos. Um inquérito realizado junto dos orientadores de doutoramentos concluídos desde a última acreditação da A3ES, tendo em vista a elaboração do presente relatório, revela que de um total de 64 doutorados, relativamente aos quais foi possível recolher informação, 28 estão a trabalhar em empresas, 26 estão em Centros/Unidades de investigação e 10 estão em instituições de ensino. Este inquérito não identificou nenhum desempregado.

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).

FEUP does not regularly carry out studies on the employability of its third cycle graduates. In preparation for this report, a survey of advisors of doctoral students who graduated since the last A3ES accreditation reveals that of a total of 64 PhDs for which it was possible to collect information, 28 are working in companies, 26 are in Institutes/Research Centers and 10 are in educational institutions. This survey did not identify any unemployed graduate.

6.1.4.2. Reflexão sobre os dados de empregabilidade.

Os dados referidos acima revelam, para além da elevada empregabilidade das pessoas que concluem este ciclo de estudos, um número muito interessante de doutorados a trabalhar em empresas. Apesar de nem todos estarem a trabalhar em Portugal, entendemos que há indicações claras de uma maior aceitação, e até de procura, por parte das empresas relativamente aos doutorados formados por este ciclo de estudos.

6.1.4.2. Reflection on the employability data.

The above mentioned data reveal, in addition to the high employability of those who complete this cycle of studies, a very interesting number of PhDs working in companies. Although not all of them are working in Portugal, we understand that there are clear indications of greater acceptance, and even demand, of the companies in relation to the doctorates graduated from this cycle of studies.

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
INESC TEC – INESC Tecnologia e Ciência (INESC Technology and Science)	Excelente/Excellent	FEUP	27	
SYSTEC – Centro de Investigação em Sistemas e Tecnologias (Research Center for Systems and Technologies)	Muito bom/Very Good	FEUP	6	
IT – Instituto de Telecomunicações (Telecommunications Institute)	Muito bom/Very Good	FEUP	1	
LIACC - Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores	Muito bom/Very Good	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.

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/b6b00f4c-dcd4-ef43-5fd1-5bc7350e87d0>

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

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/other-scientific-publication/formId/b6b00f4c-dcd4-ef43-5fd1-5bc7350e87d0>

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.

Na organização matricial que caracteriza a FEUP, traduzida por uma filosofia de separação entre cursos e recursos, este ciclo de estudos utiliza recursos humanos e físicos do DEEC, mas não tem recursos próprios que lhe permitam intervenção direta na comunidade, por exemplo, em termos de prestação de serviços. A sua contribuição efetiva verifica-se, naturalmente, na área da formação avançada (ao nível de 3º ciclo) e pode ser avaliada pela produção científica dos estudantes que o frequentam (medida em publicações anteriores e posteriores à submissão da Tese), pelos trabalhos realizados em colaboração com empresas (nomeadamente no âmbito de projetos em que são inseridos dentro das unidades de investigação de acolhimento) e pelo número de graduados que são contratados por empresas ou que trabalham em unidades de investigação que têm forte ligação ao meio empresarial. Uma parte dos graduados vem também a desenvolver atividade na área do Ensino, contribuindo assim para uma importante ação de divulgação de cultura científica na área da Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Deve ser salientado que o ritmo de graduação, que nos últimos 7 anos se tem mantido acima dos 12 doutorados por ano, tem fornecido às empresas, instituições de ensino superior e unidades de investigação, recursos humanos altamente especializados numa área reconhecida como de importância fundamental nas chamadas "novas tecnologias", contribuindo assim de forma significativa para o desenvolvimento científico, a inovação e o crescimento económico da região e do País.

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.

In the matrix-like organization that characterizes FEUP, reflecting a philosophy of separation between teaching programs (courses) and resources, this cycle of studies uses human and physical resources of the DEEC of FEUP, but does not have its own resources that could allow direct intervention in the community, for example, in terms of provision of services. Its main contribution is naturally in the area of advanced training (at the 3rd cycle level) and can be evaluated by the scientific production of the students who attend it (measured in publications before and after the submission of the thesis) in collaborations with firms (in particular in the context of projects within the host research units) and by the number of graduates who are hired by companies or working in research units with a strong connection to the business environment. A part of the graduates also comes to develop activity in the area of Teaching, contributing to an important action of dissemination of scientific culture in the area of Electrical and Computer Engineering. It should be pointed out that the graduation rate, which has remained above 12 doctorates per year in the last 7 years, has provided companies, higher education institutions and research units with highly specialized human resources in an area recognized as of fundamental importance in the so-called "new technologies", thus contributing significantly to the scientific development, innovation and economic growth of the northern region and of the country.

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.

O PDEEC está fortemente envolvido numa parceria internacional com a Universidade de Carnegie Mellon, no âmbito do Programa CMU|Portugal, financiado pelo governo Português através da FCT, e nos termos de protocolo estabelecido entre a Universidade do Porto e esta universidade norte-americana. Para além da dupla-titulação, para os estudantes admitidos no dual-degree que realizam períodos de trabalho na UPorto e em CMU, o programa tem financiado projetos comuns, e visitas de estudantes e de docentes/investigadores de ambas as universidades. Três projetos, já terminados, receberam 800K€ de financiamento, enquanto dois projetos em curso receberam 1.1M€.

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.

PDEEC is heavily involved in an international partnership with Carnegie Mellon University under the CMU | Portugal Program, funded by the Portuguese government through FCT, and following a protocol established between the University of Porto and this university. The most visible part of this partnership is the double-degree in ECE but the Program has also funded joint projects, and exchange visits by students and faculty / researchers from both universities. Three projects, already closed, received 800K€ in funding while three ongoing projects received 1.1M€. Since the start of the Program, 13 students concluded their dual-degree (CMU and UPorto) in ECE.

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	29
Alunos em programas internacionais de mobilidade (in) / Students in international mobility programmes (in)	2.5

Alunos em programas internacionais de mobilidade (out) / Students in international mobility programmes (out)	1.3
Docentes estrangeiros, incluindo docentes em mobilidade (in) / Foreign teaching staff, including those in mobility (in)	0
Mobilidade de docentes na área científica do ciclo de estudos (out) / Teaching staff mobility in the scientific area of the study (out).	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).

O PDEEC, enquanto ciclo de estudos, não tem intervenção institucional direta em redes internacionais de mobilidade. Essa participação acontece sim por via dos docentes que estão envolvidos nessas redes e vêm a orientar estudantes que procuram o PDEEC. Ela acontece também por parte de estudantes que, no âmbito de ações de mobilidade como o Erasmus Mundus, frequentam unidades curriculares e acabam mesmo a candidatar-se a este ciclo de estudos. A Comissão Científica do PDEEC reconhece a importância da participação em redes e tem apoiado ativamente diversas iniciativas neste domínio.

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

PDEEC, as a study cycle, does not have direct institutional intervention in international mobility networks. This participation happens through teachers who become involved in these networks and come to supervise students seeking FEUP and PDEEC. It is also carried out by students who, in the context of mobility actions such as Erasmus Mundus, register for curricular units and end up applying for admission in the Program. The Scientific Committee of PDEEC recognizes the importance of the participation in these networks and has actively supported various initiatives in this area.

6.4. Eventual informação adicional sobre resultados.

6.4. Eventual informação adicional sobre resultados.

6.4. Eventual additional information on results.

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=48sllaqqt89ra

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._Relatório 2016_17 PDEEC.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

O PDEEC é um bem-reconhecido programa doutoral da FEUP, com um importante grau de internacionalização, e que admite cerca de 30 estudantes por ano, contando neste momento com mais de 80 estudantes. Desses estudantes, em 2018/2019, 32 (38%) são estrangeiros. O Brasil é o País mais representado (15 estudantes), numa lista que inclui a Índia, Espanha, Irão, Paquistão, USA, China, Colômbia, Nigéria, Líbia, Chile, México, Grécia e Timor-Leste. Esta diversidade de participação internacional, e o largo reconhecimento que lhe está associada, explicam em parte o facto de o número de novos inscritos não ter sido afetado de forma significativa pela crise económica que se fez sentir recentemente.

A investigação produzida pelos estudantes do PDEEC tem uma expressão significativa, se atendermos aos números de publicações associadas ao trabalho na Tese. As 66 Tese defendidas no período decorrido desde a última avaliação/acreditação por parte da A3ES, (depois de 1/janeiro/2014) deram origem a 535 publicações (380 em conferências, 155 revistas), sendo que 440 dessas publicações tiveram lugar antes da defesa da Tese, e 112 delas foram publicações em revista.

A associação com a Universidade de Carnegie Mellon, uma universidade que ocupa lugares de topo nos rankings mundiais de EEC, enquadrada no âmbito do Programa CMU|Portugal, é seguramente um ponto forte do Programa potenciando a sua visibilidade e a capacidade de atrair muito bons estudantes, de todo o mundo. Apesar de apenas um número limitado de estudantes ser aceite e receber financiamento para o dual-degree, os laços e as relações de trabalho estabelecidas entre docentes dos departamentos de EEC da FEUP e de CMU, são de grande valia para todos os estudantes que frequentam o PDEEC.

Finalmente é de salientar que a maior parte dos docentes do DEEC da FEUP que lecionam ou orientam Teses de Doutoramento do PDEEC, estão associados a Institutos/Centros de Investigação que foram avaliados pela FCT com classificações de Muito Bom e Excelente. Estas unidades de investigação acolhem estudantes do PDEEC nos seus laboratórios, aumentando e enriquecendo a sua experiência e as suas redes de contactos, nomeadamente através do seu envolvimento em projetos internacionais, e identificando e propondo problemas e desafios reais, colocados pelas empresas com que se relacionam. Acreditamos que soluções para estes problemas oferecem uma contribuição muito positiva ao tecido industrial português, e têm um impacto crescente na economia nacional, em particular a da região norte de Portugal.

8.1.1. Strengths

PDEEC is a well-established doctoral program of FEUP, with an important degree of internationalization, which admits about 30 students per year, currently counting more than 80 students. Of these students, in 2018/2019, 32 (38%) are foreigners. Brazil is the country most represented (15 students) in a list that includes India, Spain, Iran, Pakistan, USA, China, Colombia, Nigeria, Libya, Chile, Mexico, Greece and Timor-Leste. This diversity of international participation, and the wide recognition associated with it, partly explains the fact that the number of new entrants has not been significantly affected by the recent economic crisis.

The research produced by the students of the PDEEC has a significant expression, if we consider the numbers of publications associated with the work in the thesis. The 66 theses defended in the period since the last evaluation / accreditation by the A3ES (after January 1, 2014) have given rise to 535 publications (380 in conferences, 155 journals), of which 440 have been published before defense of the Thesis, and 112 of them are journal papers.

The partnership with Carnegie Mellon University, a university that occupies top places in the world rankings of ECE, within the framework of the CMU | Portugal Program, is surely a strong point of the Program, enhancing its visibility and the ability to attract very good students , from all over the world. Although only a limited number of students are accepted and receive funding for the dual-degree program, working relationships and links established between professors in the ECE Departments of FEUP and CMU, are very valuable for all students attending PDEEC.

Finally, it should be noted that most of the faculty members of the FEUP DEEC who teach or supervise PDEEC PhD Theses are associated with Institutes / Research Centers that were evaluated by FCT with Very Good and Excellent grades. These research units welcome students from PDEEC in their laboratories, increasing and enriching their experience and their professional networks through their involvement in international projects, and identifying and proposing real problems and challenges posed by the companies with which they relate. We believe that the solutions for these problems offer a very positive contribution to the Portuguese industrial fabric, and have a growing impact on the national economy, in particular in that of the northern region of Portugal.

8.1.2. Pontos fracos

O processo de reflexão que esteve na base da elaboração deste relatório de auto-avaliação identificou debilidades e melhoramentos possíveis a introduzir na estrutura atual do plano de estudos, que se podem traduzir numa ação imediata e resultados a curto prazo. Uma dessas debilidades tem a ver com o desalinhamento entre o número de créditos base das UCs deste programa e de outros programas em que a FEUP está envolvida, com os quais o PDEEC tem particulares relações de proximidade (e.g. PDSSE, MAP-Tel, PRODEI). Uma UC do PDEEC vale 7,5 créditos, enquanto as UCs destes e da generalidade dos outros programas da FEUP valem 6 créditos. É um problema aparentemente pequeno, mas que complica desnecessariamente a partilha de UCs, já que cria dificuldades aos estudantes de outros programas que pretendem realizar UCs do PDEEC e aos estudantes do PDEEC que pretendem realizar UCs de outros programas.

Verificamos também que seria desejável aumentar a flexibilidade da parte curricular do Programa, no sentido de permitir a certos estudantes iniciar mais cedo a preparação do trabalho conducente à investigação e escrita da Tese. Referimo-nos a estudantes que quando são admitidos no PDEEC têm já orientador escolhido e trabalho já realizado que lhes permite avançar mais rapidamente na preparação e na elaboração do Plano de Tese. Cremos que um conjunto de pequenas alterações a propor na estrutura da parte curricular ciclo de estudos, poderá fazer muito na melhoria desta situação.

Uma outra debilidade identificada pela CC do PDEEC é a inexistência um um sistema de incentivos, orientado para a captação de estudantes particularmente mercedores, que possa ser gerido diretamente pela Direção do PDEEC. Uma proposta para a criação de tal sistema, que seria um instrumento poderoso no esforço de promoção do Programa e de captação de muito bons estudantes, é descrita a seguir nas ações de melhoria (seção 8.2).

8.1.2. Weaknesses

The process of reflection underlying this self-assessment report identified weaknesses and possible improvements to be introduced into the current structure of the study plan, which can be translated into immediate action and short-term results. One of these weaknesses has to do with the misalignment between the number of base credits of the curricular units of this program and of other programs in which FEUP is involved, in particular the ones with which PDEEC has proximity relations (eg PDSSE, MAP-Tel, PRODEI) .

A PDEEC curricular unit is worth 7.5 credits, while the curricula runits of most other FEUP doctoral programs are worth 6 credits. It is a seemingly small problem, but it complicates unnecessarily the sharing of curricular units, since it creates difficulties for students of other programs who want to realize curricular units of PDEEC and to the students of the PDEEC who want to realize those of other programs.

We also identified that it would be desirable to increase the flexibility of the curricular part of the Program in order to allow certain students to start preparing the work leading to the research and writing of the Thesis earlier. We refer to students who, when admitted to the PDEEC, have already chosen a supervisor and have work already done, allowing them to advance more quickly in the preparation and elaboration of the thesis plan. We believe that a set of small changes to be proposed (point 9) in the structure of the curricular part of the study cycle could do much to improve this situation.

Another weakness identified by the PDEEC CC is the lack of an incentive system, which could be managed directly by the PDEEC Board, aiming at attracting particularly good students. A proposal for the creation of such a system, which

would be a powerful tool in the effort to promote the Program and attract very good students, is described below in the improvement actions (section 8.2).

8.1.3. Oportunidades

Temos assistido a uma evolução positiva na forma como as empresas olham para os doutoramentos: como os valorizam de forma diferente e como começam a procurar doutorados, reconhecendo assim a valia da formação que recebem os estudantes do PDEEC, mais especializada nuns casos, mais interdisciplinar noutros. A FEUP não tem realizados estudos de empregabilidade para os graduados dos seus terceiros ciclos, mas um inquérito realizado junto dos orientadores, revela que 43% dos doutorados pelo PDEEC desde de 2014 (ano da última acreditação) estão neste momento a trabalhar em empresas.

Esta melhoria do panorama externo, está a ser potenciada por iniciativas da Direção da FEUP para estimular o envolvimento de empresas nos Programas Doutorais da FEUP, como é o caso do Programa FEUP PRIME, recentemente anunciado, e de que o PDEEC planeia tirar todo o benefício possível.

A Direção da FEUP tem também vindo a desenvolver ações no sentido de atrair estudantes estrangeiros para a FEUP, com um foco claro no Brasil. Se bem que o objetivo principal dessas ações seja a atração de estudantes do 2º ciclo, acreditamos que, ainda que indiretamente, será possível ao PDEEC tirar partido delas e aumentar o número e a qualidade dos estudantes brasileiros que nos procuram.

Deve ficar claro, porém, que os objetivos de alargamento da nossa área geográfica de atração não se limitam ao Brasil e são de facto globais. Queremos competir internacionalmente pelos melhores estudantes em todo o mundo. Temos já uma percentagem elevada de estudantes estrangeiros (38%-2018-2019), temos um corpo docente muito ativo e com enorme experiência, temos materiais de apoio e aulas em inglês (quando necessário) e um conjunto de institutos de investigação associados ao PDEEC que oferecem condições excelentes para o acolhimento de estudantes de todo o mundo.

8.1.3. Opportunities

We have observed a positive evolution in the way companies look for PhDs: how they value them differently and how they start to seek and hire doctorates, thus recognizing the value of the more specialized training in some cases, more interdisciplinary in others, that is exhibited by PDEEC students. FEUP has not carried out employability studies for graduates from its third cycles, but a survey carried out with the supervisors reveals that 43% of the PhDs by the PDEEC since 2014 (year of last accreditation) are currently working in companies.

This improvement of the external panorama is being fostered by initiatives of the FEUP Board, in order to stimulate the involvement of companies in the FEUP Doctoral Programs, as is the case of the recently announced FEUP PRIME Program, and PDEEC plans to take full advantage of these new opportunities.

The FEUP Board has also been developing actions to attract foreign students to FEUP, with a clear focus on Brazil. Although the main objective of these actions is the attraction of 2nd cycle students, we believe that, even if indirectly, it will be possible for PDEEC to take advantage of them and increase the number and quality of the Brazilian students who are looking for us.

It should be clear, however, that the objectives of enlarging our geographic area of attraction are not limited to Brazil and are in fact global. We want to compete internationally for the best students around the world. We already have a high percentage of foreign students (38% in 2018-2019), we have a very active and experienced teaching staff, we have support materials and classes in English (when necessary) and a set of research institutes associated with PDEEC which offer excellent conditions for the reception of students from all over the world.

8.1.4. Constrangimentos

O envelhecimento do corpo docente, com idades na gama dos 50-60 anos, constitui uma potencial debilidade relativamente à qual a Direção do Programa, e mesmo a Direção da FEUP, pouco podem fazer. Este problema só não é mais grave porque um grande número de docentes mais velhos mantém uma considerável atividade de investigação e de publicação.

O valor das bolsas de doutoramento da FCT não é competitivo com os salários oferecidos a estudantes recém-formados (Mestrado), o que tem um impacto forte na atração de estudantes nacionais. Esta situação pode vir a ser alterada e aliviada, como resultado das oportunidades referidas antes e com envolvimento mais efetivo do tecido empresarial na oferta de bolsas que beneficiem estudantes que venham depois a estabelecer contratos de trabalho com empresas.

8.1.4. Threats

The aging of the teaching staff, most of them in the 50-60 age range, is a potential weakness for which the Program Directorate, and even the FEUP Board, can do little. This problem is not more serious because a large number of older professors maintain considerable levels of research and publication activity.

The value of FCT's doctoral fellowships is not competitive with salaries offered to newly graduated students (Master's degree) and this has a strong impact on the ability to attracting national students. This situation can be altered and alleviated as a result of the aforementioned opportunities and with more effective involvement of the business community in the offer of scholarships that benefit students who later enter into contracts with companies.

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2.1. Ação de melhoria

Reformulação da parte curricular do PDEEC (ver ponto 9 do Relatório).

Pretende-se promover uma reformulação da parte curricular do PDEEC tornando-a mais flexível de modo a lidar com os dois problemas acima referidos. Pretende-se, por um lado, alinhar o número de créditos por unidade curricular pelos 6 créditos que se revelaram ser a escolha preferida pela generalidade dos programas doutorais da FEUP e promover condições que permitam um arranque mais efetivo do trabalho de preparação da Tese aos estudantes que estiverem em condições de o fazer, isto é, estudantes que tenham já um orientador definido e trabalho de investigação já iniciado ou bem identificado.

8.2.1. Improvement measure

Reformulation of the curriculum part of the PDEEC (see point 9 of the Report).

The intention is to promote a reformulation of the curriculum part of the PDEEC making it more flexible in order to deal with the two problems mentioned above. It is intended, on one hand, to align the number of credits per curricular unit with the 6 credits that have proved to be the preferred choice of most doctoral programs of FEUP. On the other hand we want to promote conditions that allow a more effective start of the work of preparation of the thesis to the students who are in a position to do so, ie students who already have a supervisor and whose research work already started or is well identified.

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

A prioridade desta ação é elevada, e o tempo de implementação é relativamente curto, uma vez que foram já dados passos importantes para a sua discussão interna e aceitação pelos órgãos da FEUP. Se validada pela CAE durante o processo de acreditação em curso, a sua implementação pode decorrer já no ano letivo de 2019/2020.

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

The priority of this action is high, and the implementation time is relatively short, since important steps have already been taken for its internal discussion and acceptance by the relevant FEUP bodies. If validated by the CAE, during the ongoing accreditation process, its implementation may already take place in the academic year 2019/2020.

8.1.3. Indicadores de implementação

Ano letivo da entrada em funcionamento do plano de estudos proposto no presente relatório.

8.1.3. Implementation indicator(s)

Academic year the study plan proposed in this report becomes operational.

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2.1. Ação de melhoria

Sistema de incentivos para a captação de estudantes.

O financiamento disponível para os estudantes que nos procuram é imprevisível e insuficiente. Ele baseia-se fortemente na FCT, mas também em financiamento de projetos e em recursos dos institutos a que estamos ligados. Para muitos estudantes, nacionais e internacionais, torna-se difícil concorrer a bolsas FCT ou a bolsas de projetos não estando cá, o que por sua vez os impede de vir e de frequentar o Programa. Queremos pôr em prática uma ação que, apesar da sua pequena dimensão, representa uma contribuição para quebrar este ciclo. Promovemo-nos criar um sistema de incentivos constituído por um pacote de bolsas gerido diretamente pela Direção do PDEEC. Com a duração de um ano, elas permitirão financiar durante esse período a frequência da parte curricular por um estudante admitido no PDEEC. Durante esse período esse estudante terá oportunidade de estabelecer as condições, nomeadamente de residência, que lhe permitam concorrer a bolsas, nacionais ou internacionais, e a dar mostra das suas capacidades junto dos responsáveis de projetos, ou de empresas ligadas à FEUP, que estejam interessados em contratar os seus serviços e financiar a parte de investigação do seu Doutoramento.

8.2.1. Improvement measure

Incentive system for student recruitment.

The funding available to the students who apply to PDEEC is unpredictable and insufficient. It relies heavily on FCT, but also on funded projects and resources of the institutes with which we are related. For many students, both national and international, it is difficult to compete for FCT scholarships or project scholarships, if they are not at FEUP, which in turn prevents them from attending the Program. We want to put into practice an action that, despite its small size, may represent a contribution to breaking this cycle. We intend to create an incentive system consisting of a pack of scholarships managed directly by the PDEEC Board. For a period of one year, they will finance the participation of very good students in the curricular part of PDEEC. During this period, a student will have the opportunity to meet the conditions, namely residence requirements, which allow him to compete for national or international scholarships. This will also allow students to show their abilities to project managers and companies connected to FEUP that may become interested in their future collaboration and finance the research part of their PhD.

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

A prioridade desta ação é elevada, e o tempo de implementação é curto. Existem disponibilidades no orçamento próprio do PDEEC que permitem implementar esta ação, de forma faseada, a partir do próximo ano letivo (2019/2020) com um número limitado de bolsas a definir (provavelmente duas por ano).

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

The priority of this action is high, and the implementation time is short. There are funds available in the PDEEC's own budget, which allow implementing this action in a phased way, starting in the next school year (2019/2020) with a limited number of scholarships to be defined (probably two per year).

8.1.3. Indicadores de implementação

Publicação do Edital para a oferta das primeiras bolsas.

8.1.3. Implementation indicator(s)

Publication date of the public announcement.

9. Proposta de reestruturação curricular (facultativo)**9.1. Alterações à estrutura curricular****9.1. Síntese das alterações pretendidas e respectiva fundamentação**

As alterações propostas incidem apenas sobre os dois primeiros semestres do Ciclo de Estudos. Incluem a revisão geral do número de créditos por UC e a alteração do peso de duas das três UCs obrigatórias. As UCs optativas passam a ser em número de 4, num total de 24 créditos ECTS, e é proposta uma nova lista que inclui alterações de nomes e a proposta de novas UCs.

O número de créditos das UCs optativas passa a estar em linha com as da maioria dos programas doutorais da FEUP, que optaram por UCs de 6 créditos ECTS, o que vem facilitar a partilha de UCs com outros programas.

Dois das três UCs obrigatórias vêm o seu número de créditos alterado: Tópicos Especiais (12 créditos) e Plano de Tese (18 créditos). Este aumento traduz de modo mais correto a importância do esforço que se pretende ver dedicado ao arranque do trabalho de investigação e à elaboração do plano de tese. Permite a alguns estudantes iniciar mais cedo o trabalho de preparação da Tese, sem impedir outros de dedicarem maior esforço à consolidação de bases para a realização de um trabalho científico de grande qualidade.

No elenco das unidades curriculares optativas 11 foram eliminadas (Simulação de Mercados, Processos Estocásticos, Teste e Projeto para a Testabilidade, Instrumentação e Teste de Sistemas, Redes de Comunicação e Multimédia, Gestão e Controlo de Redes, Software Orientado para a Modelação, Arquiteturas de Sistemas de Processamento Digital de Sinal, Sistemas de Desenvolvimento de Hardware/Software, Software Fiável e Concorrente, Projeto Avançado de Sistemas de Microeletrónica). Foram criadas também 11 novas UCs (Técnicas de Previsão, Controlo Preditivo, Fusão Sensorial e Percepção, Redes de Comunicações, Segurança, Arquitetura e Projeto de Sistemas Digitais, Projeto para a Dependabilidade e Testabilidade, Microeletrónica de Sinal Misto, Sistemas de Segurança Crítica, Tópicos Avançados em Engenharia Eletrotécnica e Computadores (I e II), e foi alterada a denominação de 6 UCs: Visão Computacional (anteriormente Reconhecimento e Análise de Imagem), Comunicações Digitais (Tópicos Especiais em Comunicações Digitais), Processamento de Sinal (Análise, Classificação e Processamento de Sinal), Redes sem Fios (Sistemas de Comunicações Móveis), Comunicações Óticas (Sistemas de Comunicação Óticos Avançados), e Microeletrónica e Microeletromecânica (Tecnologias de Microeletrónica e Microeletromecânica). Trata-se reconhecidamente de uma lista longa, sendo claro que as UCs que a constituem não poderão ser oferecidas em simultâneo. O seu número, num dado ano académico, será decidido em articulação com o Diretor do DEEC, e terá em consideração o panorama geral da distribuição de serviço docente. Para além de satisfazer os requisitos legais de publicação oficial do plano de estudos, esta lista tem a grande preocupação de evidenciar os temas principais relativamente aos quais existe capacidade no DEEC da FEUP para o estudo de matérias avançadas, e para a realização de investigação.

9.1. Synthesis of the proposed changes and justification.

The proposed changes focus only on the first two semesters of the Cycle of Studies. They refer to the number of credits per curricular unit and to the weights of two of the three compulsory curricular units. The students choose now 24 ECTS credits, four optional curricular units, from a revised list, which includes name changes and new curricular units.

The number of credits of the optional curricular units is now in line with those of most of FEUP's doctoral programs, which have opted for curricular units of 6 ECTS credits, thus facilitating the sharing of courses with other programs. Two of the three compulsory curricular units see their number of credits changed: Special Topics (12 credits) and Thesis Plan (18 credits). The aim of this increase is to recognize and express in a more correct way the importance of the effort that is to be dedicated to the start of the research work and to the preparation of the thesis plan. It allows some students to start the work of preparation of the thesis sooner, without keeping others from dedicating a greater part of their effort to the consolidation of the bases for a scientific work of excellent quality.

Eleven curricular units were removed from the list of optional courses (Market Simulation, Stochastic Processes, Testing and Design for Testability, Instrumentation and Testing of Systems, Communication and Multimedia Networks, Network Management and Control, Modeling-oriented Software, Architectures Digital Signal Processing Systems, Hardware/Software Development Systems, Reliable and Competitive Software, Advanced Microelectronics Systems Design). In turn, eleven new curricular units were added (Predictive Control, Sensory Fusion and Perception, Communications Networks, Security, Digital Systems Architecture and Design, Dependability and Testability Project, Mixed Signal Microelectronics, Critical Security Systems, Advanced Topics in Electrical Engineering and Computers (I and II)). Also, six curricular units had their names changed: Computational Vision (formerly, Image Recognition and Analysis), Digital Communications (Special Topics in Digital Communications), Signal Processing (Analysis,

Classification and Signal Processing), Wireless Networks (Mobile Communications Systems), Optical Communications (Advanced Optical Communication Systems), and Microelectronics and Microelectromechanics (Microelectronics and Microelectronics Technologies).

It is admittedly a long list of courses and it should be understood that not all of them may be offered at the same time. Their number, in a given academic year, will be decided in articulation with the Department Head, taking in consideration the full work load distribution. Its main virtue, other than fulfilling the legal requirements of having the list published in the official study plan, is to highlight the main themes for which there is capacity in FEUP's DEEC for the study of advanced subjects and for conducting leading edge research.

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 Eletrotécnica e de Computadores/Electrical and Computer Engineering	EEC	198	12	
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores/Outras áreas técnicas/Electrical and Computer Engineering/Other Technical Areas	EEC/OAT	18	12	
(2 Items)		216	24	

9.3. Plano de estudos

9.3. Plano de estudos - NA - 1º ano / 1º 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:

1º ano / 1º semestre

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:

1st Year / 1st semester

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)
Plano de Tese/Research Plan	EEC	Semestral	486	60 (OT)	18	UC de dupla ocorrência; os estudantes só a podem realizar uma vez.
Tópicos Especiais/Special Topics	EEC/OAT	Semestral	324	40 (OT)	12	UC de dupla ocorrência; os estudantes só a podem realizar uma vez.
Seminários/Seminars	EEC/OAT	Semestral	162	20 (S)	6	UC de dupla ocorrência; os estudantes só a podem realizar uma vez.

Inteligência Computacional e Sistemas de Potência/Computational Intelligence and Power Systems	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Energia
Sinais, Dinâmica e Controlo/Signals, dynamics and control	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Energia
Mercados e Regulação/Markets and regulation	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Energia
Conversão de Potência/Power Conversion	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Energia
Sistemas com Eventos Discretos/Systems with Discrete Events	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Controlo
Sistemas Lineares/Linear Systems	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Controlo
Métodos em Espaços Vetoriais/Vector Space methods	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Controlo
Estimação e Identificação/Estimation and Identification	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Controlo
Aprendizagem Computacional/Machine Learning	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Sistemas Inteligentes e Robótica
Ajuda Multicritério à Decisão/Multicriteria Decision Aiding	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Sistemas Inteligentes e Robótica
Heurísticas e Metaheurísticas/Heuristics and Metaheuristics	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Sistemas Inteligentes e Robótica
Manipuladores Robóticos/Robotic Manipulators	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Sistemas Inteligentes e Robótica
Processamento de Sinal/Signal Processing	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Comunicações
Comunicações Digitais/Digital Communications	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Comunicações
Redes de Comunicações/ Communication Networks	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Comunicações
Microeletrónica e Microeletromecânica/ Microelectronics and Microelectromechanics	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Sistemas Integrados
Arquitetura e Projeto de Sistemas Digitais/ Digital Systems Architectures and Design	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Sistemas Integrados
Sistemas Embarcados Ubíquos/Ubiquitous Embedded Systems	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Sistemas Embarcados
Sistemas Embarcados de Tempo Real/Embedded Real-Time Systems	EEC	Semestral	162	42 (T)	6	Optativa; Sistemas Embarcados
Tópicos Avançados em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores II/ Advanced Topics in Electrical and Computer Engineering I	EEC	Semestral	162	20 (OT)	6	Optativa; Depende da seleção
UC de outros Programas Doutorais da UPorto / CU from other Doctoral Programs from the UPorto	EEC/OAT	Semestral	162	Depende das UC's escolhidas	6	Optativa; Depende da seleção

(24 Items)

9.3. Plano de estudos - NA - 1º Ano / 2º 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:

1º Ano / 2º Semestre

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:

1st Year / 2nd Semester

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)
Plano de Tese/Research Plan	EEC	Semestral	486	60 (OT)	18	UC de dupla ocorrência; os estudantes só a podem realizar uma vez.
Tópicos Especiais/Special Topics	EEC/OAT	Semestral	324	40 (OT)	12	UC de dupla

						ocorrência; os estudantes só a podem realizar uma vez.
Seminários/Seminars	EEC/OAT	Semestral 162	20 (S)	6		UC de dupla ocorrência; os estudantes só a podem realizar uma vez.
Sistemas Renováveis/Systems with renewables	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Energia
Técnicas de Previsão/ Forecasting techniques	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Energia
Sistemas Eletrónicos de Potência/Power Electronic Systems	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Energia
Controlo Não Linear/Non Linear Control	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Controlo
Sistemas Híbridos/Hybrid Systems	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Controlo
Controlo Preditivo/ Model Predictive Control	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Controlo
Controlo Ótimo/Optimal Control	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Controlo
Robótica Móvel/Mobile Robotics	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Sistemas Inteligentes e Robótica
Fusão Sensorial e Perceção/ Sensor Fusion and Perception	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Sistemas Inteligentes e Robótica
Técnicas de Optimização/Optimization Techniques	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Sistemas Inteligentes e Robótica
Visão Computacional/ Computational Vision	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Sistemas Inteligentes e Robótica
Segurança/ Security	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Comunicações
Redes sem fios/ Wireless Networks	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Comunicações
Comunicações Ópticas/Optical Communications	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Comunicações
Teoria da Informação/Information Theory	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Comunicações
Projeto para a Dependabilidade e Testabilidade/ Design for Dependability and Testability	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Sistemas Integrados
Microeletrónica de Sinal Misto/ Mixed Signal Microelectronics	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Sistemas Integrados
Computação em Grelha/Grid Computing	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Sistemas Embarcados
Sistemas Embarcados Paralelos e Distribuídos/Parallel and Distributed Embedded Systems	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Sistemas Embarcados
Sistemas de Segurança Crítica/ Safety Critical Systems	EEC	Semestral 162	42 (T)	6		Optativa; Sistemas Embarcados
Tópicos Avançados em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores II/ Advanced Topics in Electrical and Computer Engineering II	EEC	Semestral 162	20 (OT)	6		Optativa; Depende da seleção
UC de outros Programas Doutorais da UPorto / CU from other Doctoral Programs from the UPorto	EEC/OAT	Semestral 162	Depende das UC's escolhidas	6		Optativa; Depende da seleção

(25 Items)

9.3. Plano de estudos - NA - 2º, 3º e 4º 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:

2º, 3º e 4º anos

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:

2nd, 3rd and 4th years

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)
------------------------------------------	---------------------------------------	------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------	--------------------------------

9.4. Fichas de Unidade Curricular

Anexo II - Arquiteturas e Projeto de Sistemas Digitais

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Arquiteturas e Projeto de Sistemas Digitais

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Digital Systems Architectures and Design

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 (T)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

José Carlos dos Santos Alves, carga letiva (total lecturing time) total 21h T

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

João Paulo de Castro Canas Ferreira, carga letiva total (total lecturing time) 21h T

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

No final desta unidade curricular os estudantes estarão aptos a:

- identificar modelos de computação associados a uma aplicação computacional e propor arquiteturas de processamento digital apropriadas para tecnologias microeletrónicas, tendo em vista a satisfação de requisitos não funcionais como rapidez, consumo energético ou tamanho físico (área);*
- conhecer e aplicar técnicas de projeto digital ao nível da transferência entre registos (RTL) para aplicações de elevado desempenho e baixo consumo energético;*
- conceber e avaliar soluções de processamento baseadas em plataformas combinando CPUs convencionais com unidades de hardware especializado, explorando e avaliando o particionamento hardware/software;*
- desenvolver unidades de hardware especializado com recurso a técnicas de síntese de alto nível, compreendendo e explorando convenientemente os mecanismos de otimização associados às ferramentas desse tipo.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

After concluding this curricular unit the students should be able to:

- Identify the computing models associated to a computer application and propose adequate digital processing architectures targeting microelectronic technologies and aiming to meet non-functional requirements as processing speed, power consumption or physical size (silicon area);*
- make use of digital design methodologies at the register-transfer level (RTL) to design digital systems for high-performance and low-power applications;*
- conceive and evaluate processing systems based on CPUs associated to specialized hardware units, exploiting and evaluating the hardware/software partitioning tradeoffs;*
- develop specialized hardware units using high-level synthesis (HLS) techniques, exploiting conveniently the optimization mechanisms used by HLS tools.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- *Revisão de metodologias de projeto digital ao nível da transferência entre registos (RTL) para tecnologias digitais integradas e de arquiteturas de sistemas digitais para aritmética computacional.*
- 2- *Modelos de computação e arquiteturas de sistemas digitais de suporte à sua implementação;*
- 3- *Conceção de arquiteturas de sistemas digitais dedicados com elevado desempenho e metodologias de projeto para redução do consumo de energia.*
- 4- *Análise e desenvolvimento de sistemas combinando CPUs convencionais com unidades de hardware especializado para aceleração de seções selecionadas de uma aplicação: particionamento entre hardware e software e análise de desempenho (profiling).*
- 5- *Construção de unidades de hardware especializado recorrendo a técnicas de síntese de alto nível e análise dos processos de otimização e métricas de qualidade.*

9.4.5. Syllabus:

- 1- *Review of register-transfer level design methodologies for integrated digital technologies and architectures for digital computer arithmetic;*
- 2- *Computing models and architectures of digital systems supporting their implementation;*
- 3- *Design of high-performance digital architectures and design methodologies for low energy consumption.*
- 4- *Analysis and development of computing systems combining conventional CPUs with specialized hardware units for accelerating selected parts of a computer application: hardware/software partitioning and performance analysis based on profiling techniques.*
- 5- *Design of specialized hardware units using high-level synthesis techniques and analysis of the optimization processes and design quality metrics.*

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

Sendo o conhecimento das metodologias de projeto digital ao nível RTL essencial para o desenvolvimento da UC, o capítulo 1 visa rever esses conceitos, com ênfase na revisão de arquiteturas de circuitos digitais para aritmética computacional. Com o capítulo 2 desenvolvem-se as competências necessárias à identificação de diferentes modelos de computação tendo em vista a adoção das arquiteturas de processamento mais adequadas segundo variados critérios (como rapidez ou consumo energético). O capítulo 3 visa complementar este estudo, introduzindo soluções arquiteturais e de projeto para elevado desempenho e reduzido consumo de energia. O capítulo 4 aprofunda uma solução arquitetural correntemente suportada por sistemas integrados de diversos fabricantes, estudando a divisão de funcionalidade entre software (num CPU convencional) e unidades de hardware especializado. A síntese dessas unidades, partindo de especificações abstratas em software, é o assunto abordado no capítulo final.

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

As the background on RTL digital design methodologies is an essential matter for the development of the rest of the course, chapter 1 aims at reviewing these concepts, with emphasis on the analysis and implementation of arithmetic architectures. Chapter 2 develops the competences for identifying the computing models associated to a computer application, in order to select the most appropriate digital processing architectures for meeting different design goals (as speed or power consumption). Chapter 3 complements this study by introducing architectural solutions for low power consumption and high-performance. A state of the art computing architecture, nowadays adopted by various suppliers of integrated computing systems, is the subject of chapter 4. This chapter focuses on the hardware/software partitioning for architectures combining conventional CPUs with specialized hardware units. The last chapter addresses the design of custom hardware units from abstract software specifications.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino da unidade curricular será suportado por aulas teóricas (T) com 3h de duração semanal para exposição das matérias, sendo desenvolvidos 3 projetos laboratoriais realizados de forma autónoma pelos estudantes. Estes trabalhos recorrem a ferramentas industriais para o projeto de sistemas digitais, sendo focados principalmente nos tópicos abordados nos capítulos 3, 4 e 5. Os trabalhos serão desenvolvidos fora do período de aulas, com interações pontuais com os docentes durante as aulas, com vista à apresentação e discussão do estado de desenvolvimento dos mesmos. Os dois docentes da unidade curricular dividirão entre si a docência das aulas teóricas ao longo do semestre, ficando cada um responsável por 50% das aulas. A classificação final (CF) será calculada como 40% da classificação obtida num exame escrito (E) e 60% nos 3 trabalhos laboratoriais (L): $CF = 0.4 \times E + 0.6 \times L$

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Teaching will be based on weekly theoretical classes (3h duration) to present and discuss the course subjects, and complemented by 3 laboratory projects to be developed autonomously by the students. These projects will use industrial design tools for digital design and will cover mainly the topics presented in chapters 3, 4 and 5. The projects will be developed by the students beyond the scheduled classes, with possible interactions with the teachers during some of the classes for presenting and discussing the projects. The theoretical classes will be divided along the semester by the two teachers, each one being responsible by 50% of the contact hours. The final grade will combine 40% of the classification in a written exam (E) and 60% of the classification assigned to the 3 laboratory projects (L). Final classification CF will thus be calculated as: $CF = 0.4 \times E + 0.6 \times L$

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

Esta unidade curricular apresenta uma componente de desenvolvimento autónomo importante já que é focada em metodologias de projeto avançadas para o que é fundamental o contacto com as ferramentas computacionais específicas de suporte ao projeto. Isto é especialmente relevante para os assuntos abordados nos capítulos 3, 4 e 5 em que a aprendizagem baseada em estudo de casos realistas é fundamental. Nesse sentido, uma componente relevante do ensino é baseada no desenvolvimento autónomo de 3 pequenos projetos, o que motivará os estudantes a estudar os problemas com que se confrontam, procurar as soluções, aplicá-las e avaliar os seus resultados. Estando prevista a atribuição de projetos diferentes aos estudantes, em função do grau de conhecimentos prévios que venham a demonstrar, serão organizadas em algumas aulas teóricas sessões sobre os trabalhos em curso em que os estudantes apresentam e discutem temas selecionados relacionados com os seus projetos. As aulas teóricas são utilizadas para apresentar os conceitos teóricos associados aos temas envolvidos, e também para uniformizar os estudantes em termos dos seus conhecimentos anteriores em projeto de sistemas digitais.

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

This curricular unit presents an important autonomous development component as a hands-on experience with the specific design tools is fundamental to better understand the advanced design methodologies and design techniques addressed in the course.

This is particularly relevant for the subjects covered in chapters 3, 4 and 5, for which the contact with realistic case studies is crucial. This way, an important component of the learning process is based on the development of 3 small projects. These will be done mostly autonomously by the students and will motivate them to study the problems, seek for solutions, apply them and evaluate their results. Different projects may be assigned to different students, depending on their background. In some of the theoretical classes the students will be encouraged to present and discuss their work with the teacher and their mates. Besides these sessions, the theoretical classes will be mainly used to present the subjects and, especially at the beginning of the course, to level the background of the students on digital system design.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Ashenden, Peter J.. Digital Design (Verilog), 2007, An Embedded Systems Approach Using Verilog, Elsevier Science & Technology, ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/feup-ebooks/detail.action?docID=858614>.
Hauck, Scott, and DeHon, André, 2007. Reconfigurable Computing : The Theory and Practice of Fpga-Based Computation, Elsevier Science & Technology, ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/feup-ebooks/detail.action?docID=328310>.*

Anexo II - Controlo Preditivo

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Controlo Preditivo

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Model Predictive Control

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 (T)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Fernando Arménio da Costa Castro e Fontes 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):***No final desta UC os estudantes deverão ser capazes de:*

- *Entender os principais esquemas de controlo preditivo e sua aplicação em espaço de estados.*
- *Construir um controlador preditivo com garantias de estabilidade.*

Implementar um controlador preditivo, para um sistema não muito complexo, usando a Toolbox do Matlab Model Predictive Control .

- *Estar ciente das principais vantagens e limitações da técnica de controlo preditivo.*
- *Ler e compreender a atual literatura de controle preditivo. Além disso, ser capaz de encontrar qualquer informação adicional necessária.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:*At the end of this course, the students should be able to:*

- *Understand the standard Model Predictive Control schemes and its application in state-space settings.*
- *Construct a model predictive controller with stability guarantees.*
- *Implement a model predictive controller, for a not very complex system, using the Matlab Model Predictive Control Toolbox.*
- *Be aware of the main advantages and limitations of the Model Predictive Control technique.*
- *Read and understand current Model Predictive Control literature. Also, be able to find any additional necessary information*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução*
2. *Controlo Ótimo*
3. *Regulador Linear Quadrático*
4. *Estabilidade*
5. *Controlo preditivo*
6. *Projeto de controlo preditivo*

9.4.5. Syllabus:

1. *Introduction*
2. *Optimal Control*
3. *Linear Quadratic Regulator*
4. *Stability*
5. *Model Predictive Control*
6. *Model Predictive Control Project*

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

Esta unidade curricular visa dotar os estudantes com a capacidade de analisar e projetar controladores preditivos. A fim de realizar tal projeto, os estudantes deverão compreender vantagens e limitações da técnica de controlo preditivo. A sua análise partirá da introdução dos conceitos teóricos de controlo, regulação e estabilidade dos sistemas, terminando no projeto de controlo preditivo. Além disso, a abrangência e a profundidade do programa devem ser apropriadas para um curso de doutoramento, alcançando alguns dos tópicos atuais de investigação.

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

This curricular unit aims to endow students with the ability to analyze and design predictive controllers. In order to carry out such a project, students should understand the advantages and limitations of the predictive control technique. Their analysis will start from the introduction of the theoretical concepts of control, regulation and stability of the systems, ending in the predictive control project. In addition, the breadth and depth of the program should be appropriate for a PhD course, covering some of the current research topics.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino compreendem aulas, trabalho de casa, e execução de um projeto. A avaliação terá três componentes: trabalhos de casa (30%), teste escrito (30%), projeto (40%)

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Classes, homework, and Project based learning. Evaluation: Homework – 30%, Final Exam – 30%, Final Project – 40%

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

Os resultados de aprendizagem descritos são melhor obtidos quando os estudantes são expostos a novos conceitos nas aulas teóricas, os conceitos são treinados em aulas com períodos de carácter tutorial resolvendo exercícios selecionados e posteriormente aplicados em contexto de projeto.

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

The learning outcomes described are best attained when the students are exposed to new concepts in the lectures, later the concepts are trained in classes with tutorial based periods, solving selected exercises, and applied in project based context.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Goodwin, G.C., Seron, M.M. and De Doná, J.A. (2004) Constrained Control and Estimation: An Optimisation Approach. Springer, London
Rawlings, J. B., Mayne, D. Q., & Diehl, M. (2017). Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design. Nob Hill Publishing.
Maciejowski, J. M. (2002). Predictive Control with Constraints. Prentice Hall, Harlow, England
Findeisen, R., Allgower, F., and Biegler, L. (2007). Assessment and Future Directions of Nonlinear Model Predictive Control. Springer, Berlin
Anderson, B. D. O. and Moore, J.B. (1989). Optimal Control: Linear Quadratic Methods. Prentice Hall
Bemporad, A., Morari, M., & Ricker, N. L. (2010). Model Predictive Control Toolbox 3 User's Guide. The mathworks.

Anexo II - Fusão Sensorial e Percepção**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Fusão Sensorial e Percepção

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Sensor Fusion and Perception

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 (T)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Aníbal Castilho Coimbra de Matos - Carga letiva – 42h 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):

Esta UC endereça a perceção multissensorial para sistemas com elevado grau de autonomia, abordando as arquiteturas e técnicas de fusão de dados, ferramentas e os processos computacionais que são necessários à extração de informação necessária para o funcionamento seguro das aplicações. Pretende-se assim que os estudantes sejam capazes de projetar e conceber sistemas de perceção avançados (baseados em processos de fusão de dados) que permitam o melhor entendimento de meio circundante por parte de agentes autónomos que operem em ambientes dinâmicos em múltiplos domínios (terrestres, aéreos e aquáticos).

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

This course addresses multisensory perception for systems with a high degree of autonomy. It covers data fusion architectures and techniques as well as computational processes and tools required in the gathering of information

required for the safe operation of autonomous applications. The main goal is to endow students with the ability to design advanced perception systems (based on data fusion processes) able to better understand the surrounding environment by autonomous agents operating in highly dynamic scenarios in multiple domains (ground, aerial, and maritime).

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Sistemas dinâmicos. Teoria da estimação. Estimadores baseados em filtros de Kalman. Filtros de partículas. Extração de características. Seguimento de características. Compreensão de cenas. Localização, mapeamento e navegação semânticas.

9.4.5. Syllabus:

Dynamic systems. Estimation theory. Kalman filter based estimators. Particle filters. Feature extraction. Feature tracking. Scene understanding. Semantic localization, mapping and navigation.

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

Os conteúdos programáticos foram selecionados de forma a permitir o cumprimento dos objetivos da UC. Em particular, a UC inicia-se com a apresentação dos fundamentos teóricos de suporte à fusão sensorial e perceção: sistemas dinâmicos e estimação. Segue-se a abordagem a metodologias de extração e seguimento de características que são fundamentais para o processo de perceção. Na parte final abordam-se aplicações de perceção para diferentes domínios e cenários.

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

The syllabus was selected in order to fulfill the learning goals of this course. More specifically, the course starts with the presentation of the theoretical foundations that support sensor fusion and perception: dynamic systems and estimation. Later on, the course covers methodologies for feature extraction and tracking which play a key role in the perception process. The final part of the course covers perception applications in different domains and scenarios.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas serão usadas para exposição dos conteúdos programáticos e para discussão de exemplos ilustrativos. Os estudantes terão de entregar trabalhos semanais durante a primeira metade do semestre. Durante a segunda metade, cada estudante desenvolverá um projeto individual. A avaliação será constituída pelas componentes: trabalho de casa (20%), projeto (50%), exame (30%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures will be used to present the course material, and to discuss illustrative examples. Students will have weekly assignments during the first half of the semester. During the second half, each student will develop an individual project. Final grading will take into account the following components: homework assignments (20%), project (50%), exam (30%).

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

A exposição de conteúdos teóricos e a discussão de exemplos ilustrativos realizadas nas aulas teóricas associada à realização de trabalho autónomo (trabalhos semanais e projeto) e à utilização de ferramentas computacionais permite aos estudantes uma aprendizagem balanceada dos diferentes tópicos cobertos nesta unidade curricular.

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

The presentation of theoretical concepts and the discussion of illustrative examples done in the lectures associated to the autonomous work (weekly assignments and project) and the use of computational tools allows the student to have a balanced learning of the different topics covered in this course.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Mitchell, H. B. (2007) "Multi-Sensor Data Fusion - An Introduction", ISBN 978-3-540-71559-7, Springer-Verlag

Anexo II - Microeletrónica de Sinal Misto

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Microeletrónica de Sinal Misto

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Mixed Signal Microelectronics

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 (T)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):*Vitor Manuel Grade Tavares (42hT)***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):*No final desta unidade curricular, o estudante deve ser capaz de:*

- 1- compreender as limitações e capacidades das tecnologias CMOS avançadas,
- 2 - compreender os modelos CMOS e simulação de circuitos para soluções “funcionamento à primeira”,
- 3- analisar circuitos CMOS modernos,
- 4 - projetar circuitos CMOS que cumprem um determinado conjunto de especificações,
- 5- projetar o desenho estrutural de circuitos de sinais mistos,
- 6- escrever relatórios técnicos, e
- 7- apresentar e defender publicamente o trabalho desenvolvido.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:*At the end of this unit, the student should be able to:*

- 1- understand the limitations and capabilities of advanced CMOS technologies,
- 2- understand CMOS models and circuit simulation for a first-time right design,
- 3- analyze modern CMOS circuits,
- 4- design of CMOS circuits that meet a given set of specifications,
- 5- design the layout of mixed-signal circuits,
- 6- write technical reports, and
- 7- publicly present and defend developed work.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- Física do transistor MOS e modelos avançados de transistor MOS.
- 2- Escalonamento CMOS, processos de fabrico e variações de processo.
- 3- Elementos passivos em CIs (circuitos integrados) e respetivos modelos.
- 4- Desenho estrutural orientado para emparelhamento.
- 5- Interface com encapsulamento e PCB.
- 6- Simulação de CIs, análises de “corner” e Monte Carlo - análise de PVT (processo, tensão e temperatura).
- 7- Amplificadores de baixa tensão e baixo consumo de energia, envolvendo baixo ganho intrínseco em dispositivos MOS modernos.
- 8- Amplificadores totalmente diferenciais.
- 9 - Circuitos de gestão de energia.
- 10- Filtros Gm-C.
- 11- Filtros SC.
- 12- Conversores A/D e D/A.
- 13- Projeto de células CMOS digitais.
- 14- Projeto analógico assistido digitalmente (A/D e calibração).
- 15 - Desenho estrutural de circuitos de sinal misto.

9.4.5. Syllabus:

- 1- Physics of the MOS transistor and advanced MOS-transistor models.
- 2- CMOS scaling, fabrication processes, and process variations.
- 3- Passive elements in ICs (integrated circuits) and models.
- 4- Layout design for matching.

- 5- Packaging and PCB interfacing.
- 6- Simulation of ICs, corner and Monte-Carlo analysis – PVT (process, voltage and temperature) analysis.
- 7- Low-voltage, low-power amplifiers, and coping with the low-intrinsic gain in modern MOS devices.
- 8 - Fully differential amplifiers.
- 9 - Power management circuits.
- 10- Gm-C filters.
- 11- SC filters.
- 12- A/D and D/A converters.
- 13- Digital CMOS cells design.
- 14- Digitally assisted analog design (A/D and calibration).
- 15 - Mixed signal layout.

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

Esta unidade curricular visa dotar os estudantes com a capacidade de analisar e projetar circuitos integrados (IC) em tecnologia CMOS avançada. A fim de realizar tal projeto, que cumpra um determinado desempenho esperado, os estudantes deverão compreender a física dos dispositivos, para que possam entender bem os princípios de operação e modelo do transistor. Estas são as bases para o projeto e simulação de circuitos. Além disso, entender as causas da variação paramétrica associadas ao processo de fabrico, juntamente com a reconhecida eficácia que a técnica de emparelhamento de dispositivos tem na precisão final, recorrendo a desenho estrutural inteligente, ajuda a construir robustez. Os tópicos restantes da UC focam nos blocos típicos de construção de CIs de sinais mistos, mantendo sempre em perspetiva os desafios que as tecnologias modernas CMOS representam no projeto de circuitos, e formas de lidar com isso (por exemplo, desenho analógico digitalmente assistido).

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

This course aims to endow students with the ability to analyze and design integrated circuits (IC) in advanced CMOS technology. In order to accomplish such design, and to meet some expected performance, the student needs to understand the physics of the devices, so that he may comprehend the principles of transistor operation and model. These are the bases for circuit design and simulation. Also, understanding the causes behind process variation and the ability to match devices accurately, with clever layout techniques, helps building robustness. The remaining topics of the course focus on the building blocks of typical mixed signal ICs, but special attention is made to challenges that modern CMOS technologies pose on circuit design, such as, low-voltage headroom, low intrinsic gain, process variation effects, and the ways to cope with it (e.g. digitally assisted analog design).

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Esta UC combina aulas teóricas com trabalhos de casa e de projeto, com o objetivo de providenciar aos estudantes uma perspetiva de projeto de circuitos de microeletrónica.

Aulas teóricas: Apresentação de conteúdos, enriquecida com exemplos práticos. Algumas das aulas serão utilizadas para discussão de publicações científicas.

Trabalho de casa: Duas componentes - (1) resolução de problemas para motivar o estudo aprofundado do conteúdo do curso, (2) estudo de trabalhos de investigação, apresentação e discussão em aula sobre o assunto estudado;

Projeto: tarefa abrangente que preenche os aspetos teóricos e práticos do curso para colocar em perspetiva o material do curso, envolvendo a resolução de problemas realistas. Os estudantes deverão escrever um relatório técnico sobre o seu projeto, que terão de defender publicamente (na aula);

Tipo de Avaliação: distribuída sem exame final.

*Nota final = 0,3*Trabalho de casa+0,3*Projeto+0,2*Primeiro Exame Intercalar+0,2*Segundo Exame Intercalar.*

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

This course combines lecture, homework and project work to provide students with a practical, hands-on approach to microelectronics design.

Lectures: targeted to deliver content, enriched with practical examples. Some of the lectures will be used for discussion on research papers previously assigned to students.

Homework: Two components - (1) problem solving to exercise and motivate in depth study of the course content, (2) study of assigned research papers, and presentation and discussion in class of the subject studied;

Project: a comprehensive assignment that bridges the theoretical and practical aspects of the course to put in perspective the material in the course. It involves solving realistic problems, with specs to match. The students will write a technical report on their design and will have to defend the design publicly (the class);

Type of Evaluation: distributed without final exam.

*Final mark=0.3*Homework + 0.3*Project + 0.2*FirstMidtermExam + 0.2*SecondMidtermExam.*

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

A unidade curricular dá ao estudante uma perspetiva orientada para projeto no desenho de CIs, chamando à atenção para as capacidades e muitas limitações que as tecnologias modernas de CI representam no desenho de circuitos. É durante as aulas teóricas que esses aspetos são formulados e apresentados. As aulas teóricas constroem as bases que ajudam os estudantes a compreender a operação do circuito, como analisá-los e quais estratégias podem ser empregues para superar limitações de desempenho. As discussões em sala de aula são promovidas para melhorar a aprendizagem dos conteúdos através da interação interpessoal, mas também para melhorar o pensamento crítico e capacidades comunicativas. As aulas, juntamente com trabalhos de casa e projetos, onde os estudantes têm a oportunidade de praticar problemas, constroem as bases que cumprem os objetivos da aprendizagem enunciados anteriormente. As aulas geralmente cruzam todos os aspetos dos objetivos da aprendizagem, mas concentram-se mais na compreensão (objetivos um, dois e três, a saber, 1- compreender as limitações e capacidades das tecnologias CMOS avançadas, 2 - compreender os modelos CMOS e simulação de circuitos para soluções “funcionamento à

primeira” e, 3- analisar circuitos CMOS modernos), que são reforçados através de trabalhos de casa. Aqui, o estudante pratica os problemas e avalia o estado da arte através da leitura e apresentação de artigos publicados, a fim de consolidar os conhecimentos e também treinar sobre como os aplicar. A atribuição de leitura de artigos e a apresentação pública ajudam a reforçar o objetivo de aprendizagem sete (apresentar e defender publicamente o trabalho desenvolvido). Finalmente, o projeto tem como objetivo colmatar os aspetos teóricos e práticos do projeto de circuitos entretanto aprendidos ao longo do curso, trabalhando com um conjunto de problemas reais de engenharia. Os estudantes irão projetar um CI com o suporte de ferramentas CAD profissionais para verificação. No final, os estudantes deverão escrever um relatório técnico, em forma de um artigo, que defenderão em público (na aula). Esta atividade foca-se nos objetivos de aprendizagem de quatro a sete, nomeadamente: 4 - projetar circuitos CMOS que cumprem um determinado conjunto de especificações, 5- projetar o desenho estrutural de circuitos de sinais mistos, 6- escrever relatórios técnicos, e 7- apresentar e defender publicamente o trabalho desenvolvido.

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

This course gives the student a project-oriented perspective to IC design, bringing into attention the capabilities and many limitations that modern IC technologies pose to circuit design. It is during the lectures that these aspects are formulated and presented. The lectures build the grounds for the students to understand circuit operation, how to analyze them, and what strategies can be employed to overcome limitations to performance. In class discussions are fostered to enhance the learning of the contents through interaction, but also to improve critical thinking and communication skills. The lectures, together with homework assignments and projects, where the students have the opportunity to practice on problems, build the fabrics of the learning outcomes enunciated earlier. The lectures typically cross all aspects of the learning outcomes, but focus more on the understanding (outcomes one, two and three, namely, builds the ability of the students to 1-understand the limitations and capabilities of advanced CMOS technologies, 2-understand CMOS models and circuit simulation for a first-time right design, 3-analyze CMOS circuits), which are re-enforced through homework assignments. Here, the student practices on problems and on research assessment through paper reading and presentation, in order to consolidate knowledge and to train on how to apply it. The paper reading assignment and public presentation help to enforce learning outcome seven (publicly present and defend developed work). Finally, the project aims to bridge the theoretical and practical aspects of circuit design learned along the course, by working on a real engineering problem, with a given set of specifications. The students will devise an IC circuit as a solution and will design it and verify its performance with the support of professional CAD tools. In the end, the students will write a technical report, in a form of a paper, and will defend their options in public (to the class). This activity is thus focused on outcomes four to seven, namely: 4-design CMOS circuits from a set of specifications, 5-design the layout of mixed-signal circuits, 6-write technical reports, and 7-publicly present and defend developed work.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Razavi, B. (2016). Design of Analog CMOS Integrated Circuits, McGraw-Hill Education.
Baker, R. J. (2010). CMOS circuit design, layout, and simulation, NJ: John Wiley & Sons, Inc. – IEEE Press.
Allen, P. E., Holberg, D. R. (2002). CMOS analog circuit design. NY: Oxford University Press.
Carusone, T. C., Johns, D., Martin K. (2013). Analog integrated circuit design. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
Conjunto de artigos, conforme se julgar apropriado. / Assorted papers, as found appropriate.*

Anexo II - Projeto para a Dependabilidade e a Testabilidade

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Projeto para a Dependabilidade e a Testabilidade

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Design for Dependability and Testability

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 (T)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:*<no answer>***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***José Alberto Peixoto Machado da Silva; 42h (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):***Complementar os conhecimentos básicos previamente adquiridos nos domínios da análise e projeto de circuitos eletrónicos (digitais e analógicos) no que diz respeito à sua testabilidade e fiabilidade, com o estudo e aplicação de técnicas e metodologias atualizadas de teste e projeto para a testabilidade, e a avaliação quantitativa da dependabilidade dos circuitos, dando ênfase aos sistemas integrados.***9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:***To complement the previously acquired basic knowledge on the domains of analysis and design of electronic circuits (digital and analogue) concerning their testability and reliability, with the study and application of up-to-date test and design for testability techniques and methodologies, as well as the quantitative evaluation of the dependability of electronic systems, with emphasis on embedded systems.***9.4.5. Conteúdos programáticos:**

- *Conceitos de dependabilidade: atributos (disponibilidade, fiabilidade, segurança, proteção); faltas e processos de falha;*
- *Tolerância a faltas: tipos de redundância, princípios de projeto e mecanismos;*
- *Métodos de modelação análise de dependabilidade com ênfase em diagramas de estados;*
- *Conceitos matemáticos fundamentais de fiabilidade e abordagens de projeto;*
- *Projeto para a testabilidade de circuitos digitais e mistos;*
- *Autoteste e verificação de protótipos;*
- *Aplicações de aprendizagem computacional em teste de produção e projeto para a testabilidade.*

9.4.5. Syllabus:

- *Dependability concepts: attributes (availability, reliability, safety, security); faults and failure processes*
- *Fault tolerance: types of redundancy, design principles and mechanisms;*
- *Methods for dependability modeling and analysis with emphasis on state diagrams;*
- *Fundamental reliability mathematics and design approaches;*
- *Design for testability of digital and mixed-signal circuits;*
- *Embedded test and prototype debugging;*
- *Applications of machine learning in production testing and design for testability.*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular*Os conteúdos são estabelecidos de modo a tratar os conceitos fundamentais nos domínios do projeto para a testabilidade e a dependabilidade para que os estudantes sejam capazes de analisar ou quantificar a disponibilidade, fiabilidade, segurança, proteção de sistemas integrados, tendo noção dos defeitos e falhas mais prováveis. De seguida são estudadas metodologias atualizadas de teste, projeto para a testabilidade e verificação funcional, assim como a aplicação de métodos de aprendizagem computacional no teste em produção e no projeto para a testabilidade de circuitos.***9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.***The contents are established in order to study the fundamental concepts in the design for dependability and testability domains such that the students are capable to analyse and quantify the availability, reliability, security and safety of integrated systems, having notion of the most likely defects and failures. After that, up-to-date testing design for testability and functional verification methodologies are studied, as well as the application of machine learning methods in the production test and design for testability of circuits.***9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***A metodologia adotada envolve exposição pelo docente e estudo complementar pelos estudantes. Para cada tópico do programa curricular, depois de uma apresentação sumária pelo docente, é recomendada bibliografia relevante que os estudantes devem estudar e a partir da qual redigir um texto em formato de artigo ou preparar uma apresentação oral a ser feita na sala de aula. Os estudantes são convidados a procurar também outras obras que lhes permitam complementar o estudo e compreensão de cada um dos tópicos.**Adicionalmente, os estudantes desenvolvem competências de projeto, implementação e validação de uma metodologia de teste. Um pequeno projeto será definido para cada módulo para desenvolvimento individual ou em grupos de 2. Um relatório deverá ser escrito para cada projeto.**O processo de avaliação compreende as componentes: Trabalhos de síntese ou apresentação: SA; Projeto: P; Exame final: FE. A classificação será calculada de acordo com a expressão: $30\% \times SA + 40\% \times P + 30\% \times FE$*

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The adopted methodology involves the presentation by the teacher and complementary study by the students. For each topic of the curricular programme, after a preliminary introduction by the teacher, relevant bibliography is recommended that the students should study and from which write a paper like text or prepare an oral presentation to be delivered in the classroom. Students are also invited to search for other texts which would allow them complementing their knowledge and understanding in that specific domain.

Additionally, students develop competences of project, implementation and evaluation of a testing methodology. A small project is assigned for each module to be developed individually or in groups of two. A report has to be written for each project.

The assessment process comprises the components: Synthesys work or presentation: SA; Project: P; Final exam: FE. The final mark is calculated with the formula: $30\% \times SA + 40\% \times P + 30\% \times FE$.

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

A abordagem adotada inclui a apresentação de conceitos fundamentais que são posteriormente desenvolvidos e aprofundados pelos estudantes na realização de exercícios, preparação de apresentações e desenvolvimento de projetos.

A apresentação em sala de aula leva o estudante a desenvolver competências de preparação sistematizada dos tópicos, de comunicação oral, e de defesa dos conteúdos apresentados na discussão e esclarecimento de dúvidas levantadas pela audiência. O docente assume um papel de moderador e intervém quando é necessário aprofundar algum detalhe não devidamente tratado na apresentação.

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

The adopted approach includes the presentation of the fundamental concepts, which are afterwards developed and deepened further by these students by means of solving exercises, preparing presentations and the development of projects.

The presentation in the classroom leads students to develop competences of systematic preparation of topics and, oral communication, and of defence of the presented contents within the discussion and clarification of doubts rose by the audience. The teacher assumes a moderator role and intervenes when it is necessary to deepen a detail not properly treated in the presentation.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal (2002). Essentials of electronic testing for digital memory and mixed-signal VLSI circuits, New York, Springer US.

- Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen (2006). VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability. Elsevier Science.

- Asai, Shojiro (Ed.) (2019). VLSI Design and Test for Systems Dependability, Springer Japan KK.

Anexo II - Redes de Comunicações**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Redes de Comunicações

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Communication Networks

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 (T)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Ana Cristina Costa Aguiar, 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):

No final desta UC os estudantes deverão saber/ser capazes de:

- *Identificar os desafios nas várias camadas protocolares*
- *Refletir criticamente sobre problemas de redes e propostas de soluções*
- *Sumariar e discutir soluções para os desafios nas várias camadas protocolares*
- *Explicar interações entre soluções nas várias camadas de rede e o seu desempenho*
- *Aplicar e desenvolver metodologias adequadas de avaliação de desempenho*
- *Desenhar soluções para problemas nos vários níveis protocolares das redes de comunicações*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

At the end of this CU the students should be able to:

- *Identify current challenges at the various layers of the protocol stack*
- *Reflect critically on networking problems and solutions*
- *Summarise and discuss solutions for those challenges*
- *Explain interactions between various layers and their performance*
- *Develop adequate methodologies for performance evaluation*
- *Design solutions for problems at various layers of the communication networks' protocol stack*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Aspetos fundamentais

- *Argumentos end-to-end*
- *Gestão de recursos: controlo de congestionamento, qualidade de serviço, engenharia de tráfego, mecanismos de suporte (escalonamento, shaping, gestão de filas)*
- *Transporte sobre caminhos múltiplos*

Escolha de tópicos do estado da arte, como por exemplo

- *Software defined networks e virtualização de funções da rede*
- *Medições em grande escala, monitorização, e gestão*
- *Information-centric networking*
- *Aprendizagem computacional aplicada a redes de comunicações*
- *Outros tópicos atuais*

9.4.5. Syllabus:

Fundamental aspects

- *End-to-end arguments*
- *Resource management: congestion control quality of service, traffic engineering, support mechanisms (scheduling, shaping, queue management)*
- *Multipath transport*

Choice of state-of-the-art topics, e.g.

- *Software defined networks and network function virtualisation*
- *Network measurements, monitoring and management*
- *Information-centric networks*
- *Machine learning for networks*
- *Other up-to-date topics*

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

Os conteúdos programáticos cobrirão tópicos avançados das várias camadas protocolares e várias metodologias de avaliação de desempenho. Os aspetos fundamentais associados a cada tema serão cobertos de acordo com as necessidades específicas dos estudantes. Assim, os estudantes serão expostos a temas actuais, cobrindo um espetro vasto de soluções, metodologias de desempenho, e os fundamentos necessários para reflectir criticamente sobre eles, e conseqüentemente para analisar desafios e desenhar soluções adequadas.

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

The course contents shall cover advanced topics covering various protocol layers and performance evaluation methodologies. The fundamental aspects associated with each topic will be covered according to specific students' needs. The students will thus be exposed to various current topics, covering a vast spectrum of solutions, methodologies, and the necessary basics to critically reflect on them. Consequently, they will be capacitated to analyse challenges in communication networking and design adequate solutions.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os aspetos fundamentais serão cobertos pelo docente ou convidados em exposição, com base em artigos seminais, complementados com leitura de artigos recomendados em modo autónomo. Os tópicos do estado da arte serão cobertos através da apresentação e discussão de um artigo seminal e um artigo recente em seminário, pelo docente e por um estudante, respetivamente. Um projeto individual de duração semestral proposto por cada estudante permitirá aprofundar um tema na prática, de preferência relacionado com a área de investigação do estudante. A nota final será baseada na participação nas aulas (30%), uma revisão crítica do artigo de seminário (30%), e o projeto (40%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Fundamental aspects will be covered in lectures, based on seminal papers on the topics, along with recommended paper readings. State-of-the-art topics will be covered via mandatory paper reading and in-class seminars by the lecturer and the students, in which a seminal and recent paper will be covered by lecturer and student, respectively. One semester project proposed by the students, and preferably relevant to their field of research, will contribute to gaining hands-on experience.

The final grade will be based on class participation (30%), a critical review of the seminar paper (30%) and the project (40%).

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

As metodologias a aplicar nas aulas darão uma perspetiva ampla sobre a área de redes, e fomentarão a discussão e a reflexão crítica por parte dos estudantes, bem como a aplicação dos conceitos fundamentais de redes e o pensamento lateral. O projeto permitirá aprofundar os conceitos numa área específica e dar uma perspetiva sobre os desafios práticos.

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

The chosen methodologies will give a broad perspective of the networking field, and foster discussion and critical reflexion by the students, as well as the application of fundamental concepts and lateral thinking. The project will enable deepening concepts in a specific field and give some insight into the challenges of practice.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

A UC basear-se-á em artigos científicos. Os tópicos fundamentais serão cobertos por artigos de impacto reconhecido, enquanto que o estado da arte usará artigos publicados nos 5 anos mais recentes. Todos os artigos terão sido publicados em Transações do IEEE ou ACM, ou em conferências A / The course will be based on scientific articles. Fundamental topics rather on well recognized works and the state-of-the art on articles published in the last 5 years. All articles should have been published in IEEE or ACM Transactions, A* conferences, or other highled rated venues.*

Anexo II - Segurança

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Segurança

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Security

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 (T)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Ricardo Santos Morla, 42hT

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):

A segurança de sistemas e dispositivos é da maior importância num ciber-mundo cada vez mais interconectado e tem um conjunto de desafios que esta UC aborda. O estudante deverá ser capaz de 1) considerar a natureza adversária de um oponente e compreender a sua implicação na arquitetura, implementação, e operação de sistemas e dispositivos interconectados, 2) compreender o leque de mecanismos de defesa de cibersegurança, os seus pressupostos e aplicabilidade, e 3) adquirir competências no desenho e avaliação da segurança de sistemas e dispositivos interconectados.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The security of systems and devices is of the utmost importance in our increasingly interconnected cyber-world and has a wide range of challenges that this course addresses. The student should be able to 1) consider the adversarial nature of an opponent and understand its implication in the architecture, implementation, and operation of interconnected devices and systems, 2) understand the range of cybersecurity defense mechanisms, their assumptions and applicability, and 3) acquire competences in designing and assessing the cybersecurity of interconnected devices and systems.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Fundamentos da segurança da informação – modelo de ameaça, criptografia, segurança de protocolos, conceito ‘kill chain’. 2. Levantamento de problemas de segurança em diferentes domínios com sistemas e dispositivos interconectados, incluindo sistemas de energia e outras infraestruturas críticas, sistemas embutidos, industriais, e de robótica, sistemas de comunicação, sistemas de arquiteturas de processadores, sistemas de redes, e sistemas baseados em inteligência artificial. Abordagens metodológicas: modo adversário de pensamento, arquitetura, implementação, e operações de segurança; abordagens para a validação da segurança de um sistema. 3. Requisitos, arquitetura, processos, e desempenho das operações de cibersegurança, incluindo deteção de intrusões, defesa ativa de rede, correlação de eventos, testes de penetração, e threat intelligence.

9.4.5. Syllabus:

1. Fundamentals of information security – threat model, cryptography, protocol security, kill chain. 2. Survey of security issues in different domains with interconnected devices and systems, including power systems and other critical infrastructure, embedded, industrial, and robotic systems, communication systems, processor architecture systems, networking systems, and artificial intelligence-based systems. Methodological approaches: adversarial mindset, security architecture, implementation, and operations; approaches for validating security in a system. 3. Requirements, architecture, procedures, and performance of cybersecurity operations including intrusion detection, active network defense, event correlation, penetration testing, and threat intelligence.

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

O programa discute a cibersegurança em diferentes áreas da EEC, que se espera possa permitir aos estudantes a possibilidade de assimilar semelhanças e distinguir abordagens alternativas para a segurança no espetro de sistemas e dispositivos interconectados e perceber metodologia comum para a segurança nestes sistemas, suportando desta forma o objetivo de aprendizagem 1. Ao discutir os diferentes aspetos das operações de cibersegurança, espera-se que o estudante seja capaz de compreender as opções disponíveis para os mecanismos de defesa tal como definido no objetivo de aprendizagem 2. Finalmente, em conjunto com os aspetos fundamentais de segurança de informação cobertos no início do programa, o levantamento de problemas de cibersegurança e de mecanismos de defesa irá ajudar o estudante a atingir o objetivo de aprendizagem 3, para o qual também irá contribuir o projeto discutido na metodologia de ensino.

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

The program discusses cybersecurity in different areas of ECE, which we expect will allow the student to take in similarities and factor out alternative approaches for security across interconnected systems and devices and understand common methodology for security in these systems, thus supporting learning objective 1. By discussing different aspects of cybersecurity operations, we expect the student to be able understand existing options for defense mechanisms as defined in learning objective 2. Finally, together with the fundamental aspects of information security covered initially in the program, the survey of cybersecurity issues and defense mechanisms will support the student in achieving learning objective 3, for which will also contribute the project-like teaching discussed in the teaching methodology.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino é baseada em: 1) curso intensivo e pesquisa e estudo pelo estudante de conteúdo público disponível online sobre os fundamentos de segurança da informação, 2) apresentação e discussão pelos estudantes de artigos científicos sobre diferentes tipos de sistemas e dispositivos interconectados e sobre um leque de operações de cibersegurança, 3) pequeno projeto em tópicos selecionados sobre a cibersegurança de sistemas e dispositivos interconectados, dando ênfase ao desenvolvimento de um sistema seguro, ao teste da segurança desse

sistema, ou ao desenvolvimento de mecanismos de defesa para esse sistema. Os estudantes serão avaliados pelo relatório (100%) que produzirão deste projeto.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodology is based on 1) crash course and student-driven search and study of public online content on the fundamentals of information security, 2) student presentation and discussion of scientific papers on cybersecurity issues covering different types of interconnected systems and devices and a range of cybersecurity operations, 3) small project on selected topics of security and selected interconnected systems and devices, focusing on either development of secure system, testing of system security, or development of defense mechanisms for such a system. The students will be assessed with a report (100%) of this project.

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

Espera-se que a apresentação de artigos científicos cobrindo um leque de aspetos de cibersegurança de sistemas e dispositivos interconectados bem como vários aspetos de operações de cibersegurança trará aos estudantes um conjunto detalhado e atualizado de problemas e metodologias suportando assim o objetivo de aprendizagem 1, e que também trará aos estudantes exemplos de arquiteturas e mecanismos de defesa tipicamente utilizadas em operações de cibersegurança, suportando assim o objetivo de aprendizagem 2. Espera-se que o pequeno projeto traga aos estudantes competências práticas no desenho e verificação da segurança de sistemas e dispositivos interconectados, suportando assim o objetivo de aprendizagem 3.

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

We expect paper presentation and discussion of scientific papers covering different aspects of cybersecurity in ECE and cybersecurity operations will provide students with detailed, state of the art problems and methodologies thus supporting learning objective 1, and will also provide students with example cybersecurity operation architectures and defense mechanisms, thus supporting learning objective 2. We expect that the small project will provide students with hands-on, practical competences in designing and assessing security in interconnected systems and devices, thus supporting learning objective 3.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Stallings, W. (2006). Cryptography and Network Security. Prentice Hall. ISBN: 0131873164

Nathans, D. (2014). Designing and Building a Security Operations Center (1st ed.). Syngress Publishing. ISBN 978-0-128-00899-7

Anexo II - Sistemas de Segurança Crítica

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas de Segurança Crítica

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Safety-Critical Systems

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 (T)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Paulo José Lopes Machado Portugal – 28h T

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

Francisco Manuel Madureira e Castro Vasques de Carvalho – 14h T

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

Ao completar esta unidade curricular o estudante deverá ser capaz de:

- A) Justificar a necessidade de uma abordagem sistémica da segurança (safety).*
- B) Identificar os principais domínios de aplicação de sistemas de segurança crítica.*
- C) Discutir e explicar as metodologias para o desenvolvimento de sistemas de segurança crítica.*
- D) Explicar e aplicar as principais técnicas de tolerância a falhas baseadas em hardware e software.*
- E) Discutir e avaliar os meios de validação de confiança no funcionamento.*
- F) Modelar a confiança no funcionamento de um sistema de segurança crítica.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Upon completion of this course the student should be able to:

- A) Justify the need for a systemic approach to safety.*
- B) Identify the main application areas of safety-critical systems.*
- C) Discuss and explain the methodologies for the development of safety-critical systems.*
- D) Explain and apply the main techniques of hardware and software fault tolerance.*
- E) Discuss and assess the means to validate dependability.*
- F) Model the dependability of a safety-critical system.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1) Introdução aos Sistemas de Segurança-Crítica (SSC). Taxonomia. Apresentação de casos de estudo relevantes em termos de segurança. Critérios de segurança.*
- 2) Desenvolvimento de SSC. Análise de situações perigosas ("hazards"). Análise de risco. Gestão de qualidade para SSC. Ambientes de Desenvolvimento e linguagens de programação.*
- 3) Meios de obtenção de Confiança no funcionamento: Tolerância a falhas. Técnicas de tolerância a falhas em hardware: Redundância de hardware; temporal e de informação. Tolerância a Falhas em Software: Tipos de técnicas de recuperação; Diversidade de Conceção/Implementação, de Dados e Temporal; Formas de Adjudicação de Resultados.*
- 4) Meios de verificação e validação de confiança no funcionamento. Modelação da confiança no funcionamento: conceitos básicos. Técnicas de modelação. Fiabilidade do Software: modelos de previsão de falhas. Modelação de arquiteturas HW/SW.*

9.4.5. Syllabus:

- 1) Introduction to safety-critical systems. Taxonomy. Presentation of relevant case studies related to safety. Safety criteria.*
- 2) Development of safety-critical systems. Hazards analysis. Risk analysis. Quality management of safety-critical systems. Development environments and programming languages.*
- 3) Means to obtain confidence: fault tolerance. Hardware fault tolerance: hardware; temporal and information redundancy. Software fault tolerance. Types of recovery techniques. Diversity: Design/Implementation, Data and Time diversity. Results adjudication.*
- 4) Verification and validation of confidence. Dependability modelling: basic concepts; Modelling techniques. Software reliability: fault prediction models. HW/SW architecture modelling.*

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

Os conteúdos programáticos foram definidos em correspondência com os objetivos da unidade curricular:

- Os conteúdos referentes ao capítulo 1) concorrem diretamente para os objetivos A) e B)*
- Os conteúdos referentes ao capítulo 2) concorrem diretamente para os objetivos C)*
- Os conteúdos referentes ao capítulo 3) concorrem diretamente para o objetivo D)*
- Os conteúdos referentes ao capítulo 4) concorrem diretamente para os objetivos E) e F)*

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

The syllabus contents were defined in correspondence with the learning outcomes of the curricular unit:

- The contents referring to chapter 1) compete directly for objectives A) and B)*
- The contents referring to chapter 2) compete directly for objective C)*
- The contents referring to chapter 3) compete directly for objective E)*
- The contents referring to chapter 4) compete directly for objectives E) and F)*

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas : exposição dos assuntos a tratar, acompanhadas de exemplos práticos ilustrativos.

Tipo de Avaliação: distribuída sem exame final

Avaliação: Classificação final (CF) = 0,3 x TB1 + 0,3 x TB2 + 0,3 x CA + 0,1 x AP

TB1: Desenvolvimento de uma aplicação tolerante a falhas.

TB2: Modelação de confiança no funcionamento de arquiteturas HW/SW.

CA: Duas críticas escritas de artigos científicos relacionados recentes.

AP: Apresentação oral de um artigo científico.

A aprovação pressupõe a obtenção de uma classificação final mínima de 10 valores, sujeita à classificação mínima de 8 valores em todas as componentes.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical classes: exposition of the subjects to be treated, accompanied by illustrative practical examples.

Type of Evaluation: distributed without final exam

Final classification (CF) = 0, 3 x TB1 + 0.3 x TB2 + 0.3 x CA + 0.1 x AP.

TB1: Developing a fault tolerant application.

TB2: Dependability modeling of HW / SW architectures.

CA: Two written critiques of recent related scientific papers.

AP: Oral presentation of a scientific paper.

The approval presupposes obtaining a final classification of at least 10 points, subject to the minimum classification of 8 points in all components.

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

Os objetivos de aprendizagem de A) a F) serão alcançados através aulas teóricas, análise e discussão de artigos científicos e do estudo feito fora das aulas pelo estudante. Nas aulas teóricas existem períodos de exposição de assuntos, seguidos de períodos de discussão relacionados com os tópicos apresentados, normalmente feitos em torno de perguntas estrategicamente colocadas pelo docente.

O objetivo de aprendizagem D) é alcançado através do desenvolvimento de uma aplicação tolerante a falhas (TB1).

O objetivo de aprendizagem F) é alcançado através da realização de um trabalho de modelação da confiança no funcionamento de uma arquitetura integrada (HW/SW) (TB2).

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

The learning objectives from A) to F) will be achieved through theoretical classes, analysis and discussion of scientific papers and the study done outside of classes by the student. In the theoretical classes there are periods of exposition of the subjects, followed by periods of discussion related to the topics presented, usually made around questions strategically placed by the teacher.

The learning objective D) is achieved by developing a fault-tolerant application (TB1).

The learning objective F) is achieved by carrying out a dependability modeling work of (HW / SW) architectures (TB2).

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Storey, N. (1996), Safety-critical computer systems, Pearson/Prentice Hall, ISBN: 0-201-42787-7

Pullum, Laura L. (cop. 2001), Software fault tolerance techniques and implementation, Artech House, ISBN: 1-58053-137-7

M. Xie, 1991; Software reliability modelling, World Scientific ISBN: 981-02-0640-2

Shooman, Martin L (cop 2002), Reliability of computer systems and networks, John Wiley, ISBN: 0-471-29342-3

Rausand, M., Hoyland, A., cop 2004, System reliability theory, John Wiley & Sons, ISBN: 0-471-47133-X

Knight, J., 2011, Fundamentals of Dependable Computing for Software Engineers, Chapman and Hall/CRC Press ISBN: 978-1439862551

Anexo II - Técnicas de Previsão

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Técnicas de Previsão

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Forecasting Techniques

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 (T)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

José Nuno Moura Marques Fidalgo 42h (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):

- 1 -- *No final desta UC os estudantes deverão estar familiarizados com diferentes técnicas de previsão, nomeadamente: -- métodos clássicos de tratamento de séries temporais (e.g. ARIMA, exponential smoothing); -- técnicas baseadas em inteligência computacional (e.g. redes neuronais, máquinas de suporte vetorial).*
- 2 -- *Deverão também ser capazes de aplicar metodologias para previsão pontual e previsão probabilística, em particular, para aplicações em previsão de consumos, previsão de produções e previsão de preços, designadamente, em sistemas de energia.*
- 3 -- *Deverão adquirir capacidades de desenvolvimento de modelos de previsão e familiarização com ferramentas computacionais para suporte na implementação dos modelos.*
- 4 -- *Deverão ainda estar aptos a interpretar os resultados e a caracterizar os modelos de previsão em termos de desempenho e de índices de incerteza/confiança das estimativas produzidas.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

- 1 -- *At the end of this course, the student should be familiarized with different forecasting techniques, namely: -- classic techniques for times series handling (e.g. ARIMA, exponential smoothing); -- computational intelligence based techniques (e.g. neural networks, support vector machines);*
- 2 -- *Students should be also able to apply methodologies for punctual and probabilistic forecasting, particularly, on consumption, production and prices, of energy systems.*
- 3 -- *Students should also acquire competences on the development of forecasting models and be familiarized with computational applications for models implementation support.*
- 4 -- *Finally, they should be able to interpret the attained results as well as characterize the forecasting models in terms of uncertainty/confidence of estimates.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1 - *Noções de previsão. Tipos de previsão: de curto, médio e longo prazo. Panorâmica das técnicas de previsão: Modelos de séries temporais e de inteligência computacional.*
- 2 - *Medição da qualidade da previsão. Critérios de otimização da previsão. Conceito de validação cruzada.*
- 3 - *Metodologia de Box-Jenkins para modelos ARIMA de séries temporais.*
- 4 - *Previsão baseada em inteligência computacional. Panorâmica das diferentes técnicas. Previsão de carga baseada em redes neuronais.*
- 5 - *Introdução à previsão probabilística.*
- 6 - *Implementação prática de modelos de previsão. Pré-processamento dos dados. Detecção de outliers. Normalização. Identificação de sazonalidades e tratamento de variáveis cíclicas.*
- 7 - *Panorâmica de aplicações computacionais direcionadas para a previsão.*
- 8 - *Especificidades das aplicações concretas de previsão. Previsão geográfica de consumos. Technology Forecasting. Previsão de produção eólica, fotovoltaica e hídrica. Previsão de preços em mercados de eletricidade.*

9.4.5. Syllabus:

- 1 -- *Forecasting basics. Forecasting types: short, medium and long-term. Prediction techniques overview: Time series models and computational intelligence models.*
- 2 - *Measurement of forecasting quality. Prediction optimization criteria. The cross-validation concept.*
- 3 - *Box-Jenkins methodology for time series ARIMA models.*
- 4 - *Forecasting based on computational intelligence. Overview of the different techniques. Load forecasting based on neural networks.*
- 5 - *Introduction to probabilistic forecasting.*
- 6 - *Practical implementation of forecasting models. Pre-processing of data. Detection of outliers. Normalization. Identification of seasonalities and treatment of cyclical variables.*
- 7 - *Overview of computational applications for forecasting.*
- 8 - *Specificities of concrete forecasting applications. Geographical. Technology forecasting, wind, solar and hydro production forecasting. Forecasting prices in electricity markets.*

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

Os tópicos 1 e 2 dos conteúdos programáticos visam a iniciação ao tema, introduzindo os conceitos chave, necessários para a compreensão adequada das técnicas e de previsão. Os tópicos 3 e 4 introduzem os fundamentos necessários para a satisfação do Objetivo de aprendizagem 1. Pretende-se dar a conhecer diferentes abordagens dos dois tipos (clássicos ou baseados em inteligência computacional), estimulando as competências de desenvolvimento prático de modelos. Neste sentido, será selecionada uma técnica clássica e outra baseada em inteligência computacional para estudo mais detalhado.

O tópico 5 apresenta os fundamentos da previsão probabilística, identificando vantagens e desvantagens, bem como os campos de aplicação mais adequados. As áreas de aplicação mencionadas no tópico 8 permitirão, em associação com este tópico 5, satisfazer os objetivos de aprendizagem 2.

Os tópicos 6, 7 e 8 estimulam competências de implementação efetiva de modelos e visam os objetivos de aprendizagem 3 e 4.

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

Topics 1 and 2 introduce the theme and the key concepts, necessary for understanding the forecasting techniques. Topics 3 and 4 establish the necessary basis for the satisfaction of Learning Objective 1. Different approaches of the two types (classical or based on computational intelligence) are presented, stimulating the skills of practical development of models. One classical technique and one based on computational intelligence will be studied in detail. The topic 5 presents the basics of probabilistic forecasting, allowing the comparison with the previous models, identifying advantages and disadvantages, as well as the fields of application most appropriate to each case. The application areas referred in the topic 8 will allow, in association with this topic 5, to satisfy the learning objectives 2. Topics 6, 7 and 8 aim to provide effective modeling skills. They are very focused on the practice and aim for the fulfillment of learning objectives 3 and 4.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A lecionação desta UC desenvolve-se em aulas teóricas com uma forte componente de orientação e de exercícios, num total de 3h por semana. No 1º caso são apresentados os tópicos previstos programáticos e os conceitos teóricos envolvidos, acompanhados de exemplos ilustrativos, sendo a aplicação prática de conceitos em casos concretos, a familiarização com aplicações computacionais dedicadas e o desenvolvimento dos modelos de previsão (que serão também objeto de avaliação). Estão previstos 4 minitests de curta duração (15 min) no início de 4 aulas de aplicação prática.

A aquisição de competências será consolidada através da realização de 2 trabalhos práticos (objeto de avaliação).

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída sem exame final

Condições de Frequência: não aplicável

Fórmula de avaliação: A classificação final será obtida da seguinte forma:

4 testes sem consulta dos quais serão escolhidas as 3 melhores classificações (3 x 10%);

2 trabalhos individuais (30% + 30%);

1 apresentação (10%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The lecturing of this UC is developed in theoretical classes with strong orientation and exercise component, in a total of 3h per week. In the 1st case, the expected programmatic topics and theoretical concepts are presented, accompanied by illustrative examples, and in ten most practical classes the aim is the application of concepts in concrete cases, familiarization with dedicated computational applications and the development of forecasting models (which will also be evaluated). There are 4 short-term minitests (15 min) at the beginning of 4 classes of practical application.

The acquisition of competences will be consolidated through 2 practical works (which will also be evaluated).

Type of Evaluation: Distributed evaluation without final exam.

Frequency conditions: not applicable.

Evaluation formula: The final classification will be obtained as follows:

4 tests without consultation of which will be chosen the 3 best classifications (3 x 10%);

2 individual works (30% + 30%);

1 presentation (10%).

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

A apresentação dos principais conceitos teóricos sobre previsão, permite satisfazer os objetivos de aprendizagem mencionados no ponto 1. Estas aulas permitirão também dar a conhecer os diferentes tipos, técnicas e potenciais aplicações de previsão, o que contribuirá para construir a base de conhecimentos necessária para satisfazer o objetivo de aprendizagem 2. Os 4 minitests previstos visam estimular o acompanhamento regular da matéria e, por outro lado, constituindo também pontos de avaliação sumativa.

A apresentação individual visa estimular a aprendizagem autónoma, bem como as capacidades de síntese e de comunicação. Sendo a previsão uma área em constante evolução, com o aparecimento de novas técnicas e ferramentas, é importante desenvolver a capacidade de atualização de conhecimentos.

A aplicação dos conceitos apresentados nas aulas nos exercícios práticos, permitirão também conhecer as aplicações computacionais direcionadas para a previsão. Estas aulas, complementadas pelos trabalhos práticos previstos, a desenvolver em estudo autónomo, contribuirão para o desenvolvimento das competências relacionadas com as diferentes vertentes da implementação prática de modelos de previsão (referidas nos objetivos de aprendizagem 2, 3 e 4).

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

The introduction to the main forecasting concepts, will allow to accomplish the learning objectives mentioned in point 1. These classes will also allow to introduce the different types, techniques and applications of forecasting, contributing to the fulfilment of the learning objective 2. The 4 programmed minitests aim at stimulating the matter updating, constituting also a few points of summative evaluation.

The individual presentation goal is to stimulate the autonomous learning abilities, as well as synthesis and communication skills. As forecasting is a theme in constant progressing, it is important to develop the capacity of knowledge renewing.

The application of the concepts learned in the classes will be tested with practical exercises, which also allow to get

acquainted with forecasting computer applications. These classes are complemented by the practical field works, to be developed autonomously as home work. Both will contribute to the development of competences related to the different aspects of practical implementation of forecasting models (referred in the learning objectives 2, 3 and 4).

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Brockwell, Peter J. (2002). Introduction to time series and forecasting. 2nd ed . New York : Springer - Verlag. (Springer Texts in Statistics). ISBN 978-0-387-95351
Makridakis, Spyros. (1998). Forecasting : methods and applications. 3rd ed . New York : John Wiley & Sons. ISBN 0-471-53233-9
Dannecker, Lars. (2015). Energy time series forecasting : efficient and accurate forecasting of evolving time series from the energy domain. Wiesbaden : Springer, cop. 2015. ISBN 978-3-658-11039-0
Derek W. Bunn, (1985). Comparative models for electrical load forecasting. Wiley

Anexo II - Tópicos Avançados em Engenharia Electrotécnica e de Computadores I

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tópicos Avançados em Engenharia Electrotécnica e de Computadores I

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Topics in Electrical and Computer Engineering I

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:

20 (OT)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

O Diretor do Ciclo de Estudos (José Alfredo Ribeiro da Silva Matos) é o responsável pela coordenação desta UC, assegurando a articulação com a Comissão Científica, e não tem carga letiva atribuída. Esta está a cargo dos docentes responsáveis pela orientação de estudantes. Estima-se que, em média, a orientação de um estudante, no âmbito desta UC, represente um total de 20 horas OT (orientação tutorial).

The Director of the Cycle of Studies (José Alfredo Ribeiro da Silva Matos) is responsible for coordinating this CU, ensuring articulation with the Scientific Committee, and has no assigned teaching load. This is in charge of the teachers responsible for student guidance. It is estimated that, on average, a student's orientation within this CU represents a total of 20 hours OT (tutorial orientation).

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

Qualquer docente do DEEC pode orientar o trabalho de um estudante no âmbito desta UC, com base num plano de trabalhos específico acordado com o estudante e aprovado pela Comissão Científica do PDEEC.

Any DEEC teacher can guide the work of a student within the scope of this CU, based on a specific work plan agreed with the student and approved by the Scientific Committee of the PDEEC.

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

Esta unidade curricular, bem como a sua congénere do 2º semestre, pretende desenvolver competências em tópicos avançados da Engenharia Electrotécnica e de Computadores que não são possíveis de conseguir pela realização das UCs optativas propostas. Este objetivo é alcançado através do estudo independente, supervisionado, baseado num

plano acordado entre o estudante e um docente, que pode não ser o orientador do estudante, no qual são estabelecidos os objetivos de aprendizagem, prazos e resultados esperados. A validação deste plano pela Comissão Científica do PDEEC é exigida para a inscrição do estudante nesta unidade curricular.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

This curricular unit, as well as its second semester counterpart, intends to develop skills in advanced topics in Electrical and Computer Engineering that are not possible to achieve through the other proposed elective CUs. This objective is achieved through independent, supervised study, based on a plan agreed between the student and a teacher, which may not be the student's supervisor, in which the learning objectives, deadlines and expected results are established. The validation of this plan by the Scientific Committee of the PDEEC is required for the student enrollment in this curricular unit.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Pela sua natureza não é possível definir um conteúdo programático para a unidade curricular, já que variará de de estudante para estudante.

9.4.5. Syllabus:

By its nature it is not possible to define a programmatic content for the curricular unit, since it will vary from student to student.

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

Os conteúdos programáticos e os objetivos de aprendizagem são definidos para cada estudante que se pretenda inscrever nesta UC. Eles constam de um plano acordado entre o estudante e um docente responsável, que é sujeito a aprovação prévia pela Comissão Científica do PDEEC.

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

The syllabus and learning objectives are defined for each student who wishes to enroll in this CU. They are part of a plan agreed between the student and a responsible teacher, which is subject to prior approval by the PDEEC Scientific Committee.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Não têm lugar aulas formais para esta unidade curricular. Existirão sim reuniões periódicas entre o estudante e o docente responsável, para apresentação de temas e discussão de trabalhos, relatórios de síntese e “reading assignments”. O plano de trabalhos estabelece, para cada estudante, a forma de realizar o trabalho previsto, a periodicidade dos encontros com o docente responsável, e a forma como os resultados serão avaliados, sendo o peso de cada componente de avaliação definido no plano acordado entre o estudante e o docente responsável.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

There are no formal classes for this curricular unit. There will be periodic meetings between the student and the teacher in charge, for presentation of topics and discussion of papers, synthesis reports and reading assignments. The work plan establishes, for each student, how to carry out the work planned, the periodicity of the meetings with the responsible teacher, and how the results will be evaluated, being the weight of each evaluation component defined in the plan agreed between the student and the responsible teacher.

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

As metodologias de ensino referidas acima, numa UC que não tem aulas formais de apresentação de matéria, estão há muito consagradas em muitas universidades de todo o mundo onde esta prática é seguida. Elas têm-se revelado como as mais adequadas para apoiar e encorajar o trabalho independente de estudantes de quem se espera já um grau considerável de maturidade e autonomia.

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

The teaching methodologies mentioned above, in a CU that does not have formal classes of presentation of the program, have long been consecrated in many universities around the world where this practice is followed. They have proved to be the most appropriate to support and encourage the independent work of students from whom a considerable degree of maturity and autonomy is already expected.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Não aplicável – variável conforme o estudante, o tema e o docente responsável. / Not applicable - variable according to the student, the subject and the responsible teacher.

Anexo II - Tópicos Avançados em Engenharia Electrotécnica e de Computadores II

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tópicos Avançados em Engenharia Electrotécnica e de Computadores II

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Topics in Electrical and Computer Engineering II

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:

20 (OT)

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

O Diretor do Ciclo de Estudos (José Alfredo Ribeiro da Silva Matos) é o responsável pela coordenação desta UC, assegurando a articulação com a Comissão Científica, e não tem carga letiva atribuída. Esta está a cargo dos docentes responsáveis pela orientação de estudantes. Estima-se que, em média, a orientação de um estudante, no âmbito desta UC, represente um total de 20 horas OT (orientação tutorial).

The Director of the Cycle of Studies (José Alfredo Ribeiro da Silva Matos) is responsible for coordinating this CU, ensuring articulation with the Scientific Committee, and has no assigned teaching load. This is in charge of the teachers responsible for student guidance. It is estimated that, on average, a student's orientation within this CU represents a total of 20 hours OT (tutorial orientation).

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

Qualquer docente do DEEC pode orientar o trabalho de um estudante no âmbito desta UC, com base num plano de trabalhos específico acordado com o estudante e aprovado pela Comissão Científica do PDEEC.

Any DEEC teacher can guide the work of a student within the scope of this CU, based on a specific work plan agreed with the student and approved by the Scientific Committee of the PDEEC.

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

Esta unidade curricular, bem como a sua congénere do 1º semestre, pretende desenvolver competências em tópicos avançados da EEC que não são possíveis de conseguir pela realização das UCs optativas propostas. Este objetivo é alcançado através do estudo independente, supervisionado, baseado num plano acordado entre o estudante e um docente, que pode não ser o orientador do estudante, no qual são estabelecidos os objetivos de aprendizagem, prazos e resultados esperados. A validação deste plano pela Comissão Científica do PDEEC é exigida para a inscrição do estudante nesta unidade curricular.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

This curricular unit, as well as its 1st semester counterpart, intends to develop skills in advanced topics in Electrical and Computer Engineering that are not possible to achieve through the other proposed elective CUs. This objective is achieved through independent, supervised study, based on a plan agreed between the student and a teacher, which may not be the student's supervisor, in which the learning objectives, deadlines and expected results are established. The validation of this plan by the Scientific Committee of the PDEEC is required for the student enrollment in this curricular unit.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Pela sua natureza não é possível definir um conteúdo programático para a unidade curricular, já que variará de de estudante para estudante.

9.4.5. Syllabus:

By its nature it is not possible to define a programmatic content for the curricular unit, since it will vary from student to student.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Os conteúdos programáticos e os objetivos de aprendizagem são definidos para cada estudante que se pretenda inscrever nesta UC. Eles constam de um plano acordado entre o estudante e um docente responsável, que é sujeito a aprovação prévia pela Comissão Científica do PDEEC.

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

The syllabus and learning objectives are defined for each student who wishes to enroll in this CU. They are part of a plan agreed between the student and a responsible teacher, which is subject to prior approval by the PDEEC Scientific Committee.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Não têm lugar aulas formais para esta unidade curricular. Existirão sim reuniões periódicas entre o estudante e o docente responsável, para apresentação de temas e discussão de trabalhos, relatórios de síntese e “reading assignments”. O plano de trabalhos estabelece, para cada estudante, a forma de realizar o trabalho previsto, a periodicidade dos encontros com o docente responsável, e a forma como os resultados serão avaliados, sendo O peso de cada componente de avaliação definido no plano acordado entre o estudante e o docente responsável.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

There are no formal classes for this curricular unit. There will be periodic meetings between the student and the teacher in charge, for presentation of topics and discussion of papers, synthesis reports and reading assignments. The work plan establishes, for each student, how to carry out the work planned, the periodicity of the meetings with the responsible teacher, and how the results will be evaluated, being the weight of each evaluation component defined in the plan agreed between the student and the responsible teacher.

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

As metodologias de ensino referidas acima, numa UC que não tem aulas formais de apresentação de matéria, estão há muito consagradas em muitas universidades de todo o mundo onde esta prática é seguida. Elas têm-se revelado como as mais adequadas para apoiar e encorajar o trabalho independente de estudantes de quem se espera já um grau considerável de maturidade e autonomia.

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

The teaching methodologies mentioned above, in a CU that does not have formal classes of presentation of the program, have long been consecrated in many universities around the world where this practice is followed. They have proved to be the most appropriate to support and encourage the independent work of students from whom a considerable degree of maturity and autonomy is already expected.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Não aplicável – variável conforme o estudante, o tema e o docente responsável. / Not applicable - variable according to the student, the subject and the responsible teacher.

9.5. Fichas curriculares de docente

Anexo III - José Nuno Moura Marques Fidalgo

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

José Nuno Moura Marques Fidalgo

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo III - Artur Manuel de Oliveira Andrade Moura

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

Artur Manuel de Oliveira Andrade Moura

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo III - Ana Cristina Costa Aguiar

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

Ana Cristina Costa Aguiar

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo III - Francisco Manuel Madureira e Castro Vasques de Carvalho

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

Francisco Manuel Madureira e Castro Vasques de Carvalho

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)