

NCE/11/01046 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

Apresentação do pedido

Perguntas A1 a A4

A1. Instituição de ensino superior / Entidade instituidora:

Universidade Do Minho

A1.a. Descrição da Instituição de ensino superior / Entidade instituidora

Universidade Do Minho

A2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):

Escola De Engenharia

A2.a. Descrição da Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):

Escola De Engenharia

A3. Ciclo de estudos:

Mestrado Integrado em Engenharia Física

A3. Study cycle:

Master in Engineering Physics

A4. Grau:

Mestre

Perguntas A5 a A10

A5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Engenharia Física

A5. Main scientific area of the study cycle:

Physics Engineering

A6.1. Classificação da área principal do ciclo de estudos de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF).

52

A6.2. Classificação da área secundária do ciclo de estudos de acordo com a Portaria n.º 256/2005 de 16 de Março (CNAEF), se aplicável.

523

A6.3. Classificação de outra área secundária do ciclo de estudos de acordo com a Portaria n.º 256/2005 de 16 de Março (CNAEF), se aplicável.

441

A7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:

300

A8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL-74/2006):

10 semestres

A8. Duration of the study cycle (art.º 3 DL-74/2006):**10 semesters****A9. Número de vagas proposto:****30****A10. Condições de acesso e ingresso:*****Os elencos de provas de ingresso estão conforme as orientações definidas nas deliberações da Comissão Nacional de Acesso ao Ensino Superior (CNAES), e que correspondem a:******07 Física e Química******19 Matemática A*****A10. Entry Requirements:*****The entrance exams are in accordance with the guidelines set in the deliberations of the National Commission of Access to Higher Education (CNAES), and are:******07 Physics and Chemistry******19 Mathematics A*****Pergunta A11**

Pergunta A11**A11. Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização de percursos alternativos em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável):*****Sim (por favor preencha a tabela seguinte 11.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras)*****A11.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ... (se aplicável)****A11.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras formas de organização de percursos alternativos em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches options, profiles, major/minor, or other forms of organization of alternative paths compatible with the structure of the study cycle (if applicable)****Ramos/Opções/... (se aplicável):**

Dispositivos, Microsistemas e Nanotecnologias

Física da informação

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

Devices, Microsystems and Nanotechnologies

Physics of Information

A12. Estrutura curricular

Anexo I - Dispositivos, Microsistemas e Nanotecnologias**A12.1. Ciclo de Estudos:*****Mestrado Integrado em Engenharia Física*****A12.1. Study Cycle:*****Master in Engineering Physics*****A12.2. Grau:*****Mestre*****A12.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)*****Dispositivos, Microsistemas e Nanotecnologias*****A12.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)*****Devices, Microsystems and Nanotechnologies***

A12.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained for the awarding of the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Optativos* / Optional ECTS*
Física / Physics	FIS	102.5	0
Engenharia Electrónica e Computadores / Electronics and Computers Engineering	EEC	64.5	0
Informática / Informatics	INF	27	0
Engenharia Física / Engineering Physics	EFIS	45	0
Matemática / Mathematics	MAT	30	0
Micro e Nano Tecnologias / Micro and Nanotechnologies	MNT	15	0
Química / Chemistry	QUI	6	0
Ciências Complementares / Complementary Sciences	CC	10	0
(8 Items)		300	0

Anexo I - Física da Informação

A12.1. Ciclo de Estudos:

Mestrado Integrado em Engenharia Física

A12.1. Study Cycle:

Master in Engineering Physics

A12.2. Grau:

Mestre

A12.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

Física da Informação

A12.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)

Physics of Information

A12.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained for the awarding of the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Optativos* / Optional ECTS*
Física / Physics	FIS	102.5	0
Engenharia Electrónica e Computadores / Electronics and Computers Engineering	EEC	49.5	0
Informática / Informatics	INF	57	0
Engenharia Física / Engineering Physics	EFIS	45	0
Matemática / Mathematics	MAT	30	0
Química / Chemistry	QUI	6	0
Ciências Complementares / Complementary Sciences	CC	10	0
(7 Items)		300	0

Perguntas A13 e A14

A13. Regime de funcionamento:

Diurno

A13.1. Se outro, especifique:

<sem resposta>

A13.1. If other, specify:

<no answer>

A14. Observações:

Esta proposta foi preparada de modo a utilizar unidades curriculares já existentes e assim a formação base deste projecto de ensino tem uma grande sobreposição com a formação base da licenciatura em Física e dos mestrados integrados em Engenharia, para minimizar a necessidade de novos recursos humanos.

Os três primeiros anos são comuns aos dois percursos, período em que os alunos obterão uma formação sólida em Física, Matemática, Electrónica e Informática, e só a partir do sétimo semestre é que a generalidade das disciplinas da especialidade faz parte integrante do plano de estudos.

A especialização na área dos Dispositivos, Microsistemas e Nanotecnologias tem como base a colaboração com Laboratório Ibérico de Nanotecnologia – INL, sedado em Braga, com o qual a Universidade do Minho celebrou um protocolo de colaboração, e que torna viável o acesso a tecnologias de ponta na área de micro e nanofabricação. Por outro lado, a junção das competências existentes nos departamentos de Física e de Informática abre uma outra oportunidade para o desenvolvimento de uma formação na área da Física da Informação. A Física da Informação abrirá uma área pouco desenvolvida em Portugal, e que permite compreender e desenvolver novos meios de tratamento da informação e comunicação governados pelas diferentes leis da física.

A14. Observations:

This proposal was prepared in order to use existing curricular units and the basic formation of this education project has a large overlap with the basic formation of the graduation in Physics and other MSc in Engineering, to minimize the need for new human resources.

The first three years are common to both branches, during which students will gain a solid background in Physics, Mathematics, Electronics and Informatics, and most of the specialization disciplines appear after the seventh semester.

The branch in the area of devices, microsystems and nanotechnologies is based on collaboration with International Iberian Nanotechnology Laboratory - INL, based in Braga, with which the University of Minho signed a cooperation protocol, and which makes possible access to cutting-edge technologies in the area of micro and nanofabrication. On the other hand, the junction of competences in the departments of Physics and Informatics opens another opportunity for the development of a branch in Physics of Information. The Physics of Information will open an undeveloped area in Portugal, which allows to understand and develop new ways of processing information and communication governed by different laws of physics.

Instrução do pedido

1. Formalização do pedido

1.1. Deliberações

Anexo II - senado académico da Universidade do Minho

1.1.1. Órgão ouvido:

senado académico da Universidade do Minho

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

[1.1.2._Deliberação_MIEF.pdf](#)

Anexo II - Reitor da Universidade do Minho

1.1.1. Órgão ouvido:

Reitor da Universidade do Minho

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

[1.1.2._Despacho_MIEF.pdf](#)

Anexo II - Conselho Pedagógico da Escola de Ciências / Pedagogical Council of Science School

1.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da Escola de Ciências / Pedagogical Council of Science School

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

[1.1.2._CPEC_MIEF.pdf](#)

Anexo II - Conselho Pedagógico da Escola de Engenharia / Pedagogical Council of Engineering School

1.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da Escola de Engenharia / Pedagogical Council of Engineering School

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

[1.1.2._CP_MIEF.pdf](#)

Anexo II - Conselho Científico da Escola de Ciências / Scientific Council of Science School

1.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da Escola de Ciências / Scientific Council of Science School

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

[1.1.2._CCEC_MIEF.pdf](#)

Anexo II - Conselho Científico da Escola de Engenharia / Scientific Council of Engineering School

1.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da Escola de Engenharia / Scientific Council of Engineering School

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

[1.1.2._CC_MIEF.pdf](#)

1.2. Docente responsável

1.2. Docente responsável pela coordenação da implementação do ciclo de estudos

A respectiva ficha curricular deve ser apresentada no Anexo V.

Luis Manuel Fernandes Rebouta

2. Plano de estudos

Anexo III - - - 1/1

2.1. Ciclo de Estudos:

Mestrado Integrado em Engenharia Física

2.1. Study Cycle:

Master in Engineering Physics

2.2. Grau:

Mestre

2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

-

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

-

2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

1/1

2.4. Curricular year/semester/trimester:

1/1

2.5. 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)
Cálculo EC A / Calculus EC A	MAT	Semestral	168	T-30; TP-30	6	
Álgebra Linear e Geometria Analítica EC / Linear Algebra and Analytic Geometry	MAT	Semestral	168	T-30; TP-30	6	
Introdução à Física Experimental / Introduction to Experimental Physics	FIS	Semestral	168	T-15; PL-45	6	
Química Geral / General Chemistry	QUI	Semestral	168	T-30;TP-15;PL-30	6	
Programação Funcional / Functional Programming	INF	Semestral	168	T-30; TP-30	6	

(5 Items)**Anexo III - - - 1/2****2.1. Ciclo de Estudos:*****Mestrado Integrado em Engenharia Física*****2.1. Study Cycle:*****Master in Engineering Physics*****2.2. Grau:*****Mestre*****2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)**

-

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

-

2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1/2*****2.4. Curricular year/semester/trimester:*****1/2*****2.5. 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)
Cálculo Vectorial / Vector Calculus	MAT	Semestral	168	T-30; TP-30	6	
Complementos de Cálculo e de Geometria Analítica / Complements of Calculus and Analytic Geometry	MAT	Semestral	168	T-30; TP-30	6	
Mecânica Newtoniana / Newtonian Mechanics	FIS	Semestral	168	T-45; TP-30	6	
Linguagens para Computação Numérica / Languages for Numeric Computation	INF	Semestral	168	T-15; PL-45	6	
Análise de Circuitos / Circuit Analysis	EEC	Semestral	168	T-30; PL-30	6	

(5 Items)

Anexo III - - - 2/1**2.1. Ciclo de Estudos:*****Mestrado Integrado em Engenharia Física*****2.1. Study Cycle:*****Master in Engineering Physics*****2.2. Grau:*****Mestre*****2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)**

-

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

-

2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***2/1*****2.4. Curricular year/semester/trimester:*****2/1*****2.5. 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)
Análise Complexa / Complex Analysis	MAT	Semestral	168	T-30; TP-30	6	
Electromagnetismo Electromagnetism	FIS	Semestral	168	T-45; TP-30	6	
Laboratório de Mecânica Newtoniana / Newtonian Mechanics Laboratory	FIS	Semestral	168	PL-45	6	
Mecânica Analítica e Ondas / Analytical Mechanics and Waves	FIS	Semestral	168	T-45; TP-30	6	
Electrónica / Electronics	EEC	Semestral	168	T-30;TP-15;PL-30	6	

(5 Items)

Anexo III - - - 2/2**2.1. Ciclo de Estudos:*****Mestrado Integrado em Engenharia Física*****2.1. Study Cycle:*****Master in Engineering Physics*****2.2. Grau:*****Mestre*****2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)**

-

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

-

2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

2/2

2.4. Curricular year/semester/trimester:

2/2

2.5. 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)
Laboratório de Electromagnetismo / Laboratory of Electromagnetism	FIS	Semestral	140	PL-45	5	
Mecânica Quântica / Quantum Mechanics	FIS	Semestral	210	T-45; TP-30	7.5	
Termodinâmica e Física Estatística / Thermodynamics and Statistical Physics	FIS	Semestral	210	T-45; TP-30	7.5	
Sistemas de Computação / Computing Systems	INF	Semestral	140	T-30; TP-30	5	
Complementos de Electrónica e Sistemas Digitais / Complements of Electronics and Digital Systems	EEC	Semestral	140	T-30; PL-45	5	

(5 Items)

Anexo III - - - 3/1**2.1. Ciclo de Estudos:***Mestrado Integrado em Engenharia Física***2.1. Study Cycle:***Master in Engineering Physics***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)**

-

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

-

2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

3/1

2.4. Curricular year/semester/trimester:

3/1

2.5. 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)
Física Computacional para Engenheiros / Computational Physics for Engineers	FIS	Semestral	140	T-15; PL-45	5	

Tópicos Avançados de Electromagnetismo / Advanced Topics of Electromagnetism	FIS	Semestral	210	T-45; TP-30	7.5
Microcontroladores e Interfaces / Microcontrollers and Interfaces	EEC	Semestral	210	T-30; PL-30	7.5
Processamento de Sinal / Signal Processing	EEC	Semestral	140	T-30; TP-30	5
Microtecnologias no Silício / Silicon Microtechnologies	EEC	Semestral	140	T-30; PL-30	5

(5 Items)**Anexo III - - - 3/2****2.1. Ciclo de Estudos:*****Mestrado Integrado em Engenharia Física*****2.1. Study Cycle:*****Master in Engineering Physics*****2.2. Grau:*****Mestre*****2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)**

-

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

-

2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***3/2*****2.4. Curricular year/semester/trimester:*****3/2*****2.5. 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)
Física da Matéria Condensada / Condensed Matter Physics	FIS	Semestral	210	T-45; TP-30	7.5	
Óptica / Optics	FIS	Semestral	210	T-45; TP-30	7.5	
Teoria de Controlo / Control Theory	EEC	Semestral	140	T-45	5	
Instrumentação / Instrumentation	EEC	Semestral	140	T-45	5	
Programação Imperativa / Imperative Programming	INF	Semestral	140	T-30; TP-30	5	

(5 Items)**Anexo III - Dispositivos, Microsistemas e Nanotecnologias - 4/1****2.1. Ciclo de Estudos:*****Mestrado Integrado em Engenharia Física*****2.1. Study Cycle:**

Master in Engineering Physics**2.2. Grau:****Mestre****2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)****Dispositivos, Microssistemas e Nanotecnologias****2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)****Devices, Microsystems and Nanotechnologies****2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:****4/1****2.4. Curricular year/semester/trimester:****4/1****2.5. 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)
Fotónica I / Photonics I	FIS	Semestral	140	T-30;TP-30	5	
Biossensores / Biosensors	EEC	Semestral	140	T-45	5	
Física de Semicondutores e Nanoestruturas / Physics of Semiconductors and Nanostructures	FIS	Semestral	140	T-30;TP-30	5	
Nanodispositivos e Nanoelectrónica / Nanodevices and nanoelectronics	MNT	Semestral	140	T-30; PL-30	5	
Robótica / Robotics	EEC	Semestral	140	T-45	5	
Computação Paralela / Parallel Computing	INF	Semestral	140	T-30;TP-30	5	

(6 Items)

Anexo III - Dispositivos, Microssistemas e Nanotecnologias - 4/2**2.1. Ciclo de Estudos:****Mestrado Integrado em Engenharia Física****2.1. Study Cycle:****Master in Engineering Physics****2.2. Grau:****Mestre****2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)****Dispositivos, Microssistemas e Nanotecnologias****2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)****Devices, Microsystems and Nanotechnologies****2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:****4/2****2.4. Curricular year/semester/trimester:****4/2**

2.5. 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)
Fotónica II / Photonics II	FIS	Semestral	140	T-30;TP-15;PL-30	5	
Física e Tecnologia dos Materiais / Physics and Technology of Materials	FIS	Semestral	140	T-30; TP-30	5	
Fundamentos de Física de Microssistemas / Fundamentals and Physics of Microsystems	FIS	Semestral	140	T-30;PL-30	5	
Circuitos Integrados Analógicos / Analog Integrated Circuits	EEC	Semestral	140	T-30;PL-30	5	
Sistemas Electrónicos de Imagem médica e radioisótopos / Medical imaging electronics systems and radioisotopes	EEC	Semestral	140	T-30; TP-30	5	
Micro e Nanofabricação / Micro and nanofabrication	MNT	Semestral	140	T-15; PL-30	5	

(6 Items)

Anexo III - Dispositivos, Microssistemas e Nanotecnologias - 5/1**2.1. Ciclo de Estudos:***Mestrado Integrado em Engenharia Física***2.1. Study Cycle:***Master in Engineering Physics***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)***Dispositivos, Microssistemas e Nanotecnologias***2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)***Devices, Microsystems and Nanotechnologies***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***5/1***2.4. Curricular year/semester/trimester:***5/1***2.5. 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)
Formação empresarial e empreendedorismo / Business training and entrepreneurship	CC	Semestral	140	T-45	5	
Micro/nano Sistemas Electromecânicos / Micro/Nano electromechanical systems	MNT	Semestral	140	T-30; PL-30	5	
Opção UMinho / Minho Option	CC	Semestral	140	T-45	5	

Dissertação / Dissertation EFIS Anual 420 OT-15 15
(4 Items)

Anexo III - Dispositivos, Microssistemas e Nanotecnologias - 5/2

2.1. Ciclo de Estudos:

Mestrado Integrado em Engenharia Física

2.1. Study Cycle:

Master in Engineering Physics

2.2. Grau:

Mestre

2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

Dispositivos, Microssistemas e Nanotecnologias

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

Devices, Microsystems and Nanotechnologies

2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

5/2

2.4. Curricular year/semester/trimester:

5/2

2.5. 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)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	EFIS	Anual	840	OT-15	30	

Anexo III - Física da Informação - 4/1

2.1. Ciclo de Estudos:

Mestrado Integrado em Engenharia Física

2.1. Study Cycle:

Master in Engineering Physics

2.2. Grau:

Mestre

2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)

Física da Informação

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

Physics of Information

2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

4/1

2.4. Curricular year/semester/trimester:

4/1

2.5. 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)
Fotónica I / Photonics I	FIS	Semestral	140	T-30;TP-30	5	
Robótica / Robotics	EEC	Semestral	140	T-45	5	
Computação Paralela / Parallel Computing	INF	Semestral	140	T-30;TP-30	5	
Informação Quântica / Quantum Information	FIS	Semestral	140	T-30;TP-30	5	
Programação Concorrente / Concurrent Programming	INF	Semestral	140	T-30;TP-30	5	
Processamento de Linguagens e Compiladores / Compilers and Language Processing	INF	Semestral	140	T-30;TP-30	5	

(6 Items)

Anexo III - Física da Informação - 4/2**2.1. Ciclo de Estudos:***Mestrado Integrado em Engenharia Física***2.1. Study Cycle:***Master in Engineering Physics***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)***Física da Informação***2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)***Physics of Information***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:**

4/2

2.4. Curricular year/semester/trimester:

4/2

2.5. 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)
Fotónica II / Photonics II	FIS	Semestral	140	T-30;TP-15;PL-30	5	
Física e Tecnologia dos Materiais / Physics and Technology of Materials	FIS	Semestral	140	T-30; TP-30	5	

Fundamentos de Física de Microssistemas / Fundamentals and Physics of Microsystems	FIS	Semestral	140	T-30; TP-30	5
Computação quântica / Quantum Computing	INF	Semestral	140	T-30; TP-30	5
Lógica Computacional / Computational Logic	INF	Semestral	140	T-30; TP-30	5
Comunicações e Redes / Networks and Communications	INF	Semestral	140	T-30; TP-30	5

(6 Items)**Anexo III - Física da Informação - 5/1****2.1. Ciclo de Estudos:*****Mestrado Integrado em Engenharia Física*****2.1. Study Cycle:*****Master in Engineering Physics*****2.2. Grau:*****Mestre*****2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)*****Física da Informação*****2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)*****Physics of Information*****2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:*****5/1*****2.4. Curricular year/semester/trimester:*****5/1*****2.5. 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)
Formação empresarial e empreendedorismo / Business training and entrepreneurship	CC	Semestral	140	T-45	5	
Lógica Quântica / Quantum Logic	INF	Semestral	140	T-30; TP-30	5	
Opção UMinho / Minho Option	CC	Semestral	140	T-45	5	
Dissertação / Dissertation	EFIS	Anual	420	OT-15	15	

(4 Items)**Anexo III - Física da Informação - 5/2****2.1. Ciclo de Estudos:*****Mestrado Integrado em Engenharia Física*****2.1. Study Cycle:*****Master in Engineering Physics***

2.2. Grau:**Mestre****2.3. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras (se aplicável)****Física da Informação****2.3. Branches, options, profiles, major/minor, or other forms (if applicable)****Physics of Information****2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:****5/2****2.4. Curricular year/semester/trimester:****5/2****2.5. 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)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	EFIS	Anual	840	OT-30	30	

3. Descrição e fundamentação dos objectivos**3.1. Dos objectivos do ciclo de estudos****3.1.1. Objectivos gerais do ciclo de estudos.**

A formação em Engenharia Física que é proposta tem o objectivo de combinar o estudo de Física e de Engenharia num só currículo e formar profissionais com competências para as indústrias e serviços alvo. Os alunos adquirem conhecimentos sólidos em Física e Matemática e também aprendem a aplicar este conhecimento na perspectiva da engenharia.

Os objectivos específicos deste curso são:

- *Formar estudantes de Engenharia com conhecimentos sólidos em Física;*
- *Formar estudantes que tenham boas bases para aplicações da Física à Engenharia, desenvolvendo a capacidade de resolver problemas, individualmente e em equipa;*
- *Formar estudantes com experiência com métodos laboratoriais, instrumentação, métodos computacionais e análise de dados, numa perspectiva "learning by doing";*
- *Desenvolver a colaboração interdisciplinar, capacidades de comunicação, e dotar os alunos de ferramentas para uma aprendizagem ao longo da vida.*

3.1.1. Study cycle's generic objectives.

The formation in Engineering Physics that is proposed aims to combine the study of physics and engineering into one curriculum and prepare students with skills to target industries and services. Students will acquire a solid knowledge in physics and mathematics and also will learn to apply this knowledge in the engineering perspective.

The specific objectives of this course are:

- *To train Engineering students with solid knowledge in Physics;*
- *To train students who have good backgrounds for applications of physics to engineering, developing the ability to solve problems, individually and in teams;*
- *To train students with experience with laboratory methods, instrumentation, computational methods and data analysis, in a perspective "learning by doing";*
- *Develop interdisciplinary collaboration, communication skills, and provide students with the tools for lifelong learning.*

3.1.2. Objectivos de aprendizagem.

O Engenheiro Físico será capaz de aplicar abordagens científicas e de engenharia para uma ampla variedade de novos problemas, que não seria possível com um grau em ciências ou em engenharia tradicional. Espera-se que os alunos depois dos 5 anos de formação tenham as seguintes competências:

- *Exibir forte capacidade na resolução de problemas, liderança, trabalho em equipa e comunicação.*

- Ser efectivamente um engenheiro/investigador multidisciplinar
- Demonstrar competência em Cálculo, Física, e em tópicos de Engenharia na área de especialização.
- Utilizar ferramentas e sistemas interdisciplinares, que associem técnicas experimentais modernas e técnicas de computação, na sua área de especialização.
- Utilizar Sistemas de Controlo e Automação
- Estar preparado para a prática profissional depois de obtido o grau.
- Ter capacidade de fazer uma aprendizagem independente e um desenvolvimento profissional continuado.
- Ter consciência e compreensão da ética profissional

3.1.2. Intended learning outcomes.

Engineering physicists will be able to apply scientific and engineering approaches for a wide variety of new problems, which would not be possible with a degree in science or traditional engineering. It is expected that students after five years of training have the following skills:

- Show strong ability in problem solving, leadership, teamwork and communication.
- Being effectively a multidisciplinary engineer / researcher
- Demonstrate competence in calculus, physics, and engineering topics in the area of specialization.
- Use tools and interdisciplinary systems, which combine modern experimental techniques and computational techniques in their area of expertise.
- Use Control and Automation Systems
- Be prepared for professional practice after obtaining the degree.
- Ability to make independent learning and continuing professional development.
- Awareness and understanding of professional ethics

3.1.3. Coerência dos objectivos definidos com a missão e a estratégia da instituição de ensino.

Este projecto de ensino é coerente com o projecto educativo e cultural da Universidade do Minho (UM), cuja ideia chave se traduz no desígnio da UM ser uma “Universidade de Investigação, afirmando-se como um centro de ensino e de criação do conhecimento de referência no espaço Europeu, com base na qualidade do seu projecto educativo, tendo como marcas identitárias dos seus estudantes o saber, a criatividade e a ética”.

Esta proposta de mestrado integrado encontra-se perfeitamente integrado na missão da UM de “gerar, difundir e aplicar conhecimento, assente na liberdade de pensamento e na pluralidade dos exercícios críticos, promovendo a educação superior e contribuindo para a construção de um modelo de sociedade baseado em princípios humanistas, que tenha o saber, a criatividade e a inovação como factores de crescimento, desenvolvimento sustentável, bem-estar e solidariedade”. Este projecto de ensino foi concebido para ser inovador, interdisciplinar e baseado nas competências de excelência de ensino/investigação nas áreas científicas do curso. Tem como objectivo atrair novos públicos, nacionais e internacionais, e como tal enquadra-se plenamente nos objectivos estratégicos da UM (2010-2013) definidos no ponto 3.2.1.

Os avanços decorrentes das novas tecnologias provocaram mudanças no perfil dos novos profissionais que os obriga a tornarem-se mais competitivos. Contribuir para a formação de profissionais mais competitivos é aliás uma das missões que se insere na estratégia da UM. O aprofundamento das competências e capacidades de natureza tecnológica bem como a inclusão de novas matérias e domínios emergentes nos curricula deve ser a exigência principal na formação. Assim, o Engenheiro Físico terá de possuir uma formação abrangente (capacidade de compreensão teórica, forte domínio de matemática, capacidades experimentais, experiência de modelização e resolução de problemas) e, simultaneamente, uma formação sólida e aprofundada em Física, que serão boas bases para o desenvolvimento de aplicações em Engenharia, que é um dos objectivos do presente ciclo de estudos. A UM procura dinamizar novas áreas de investigação dos nanomateriais e nanotecnologias, e nesse sentido assinou um protocolo com o Laboratório Ibérico Internacional de Nanotecnologia (INL), sedado em Braga, para promover a colaboração ao nível científico e tecnológico nas áreas relevantes das Nanociências e Nanotecnologias, no âmbito das actividades de I&DT desenvolvidas pelas duas instituições e de uma estratégia global do desenvolvimento científico e tecnológico. O protocolo prevê, entre outras acções, condições especiais de acesso aos recursos existentes e às instalações, ofertas de cursos de pós-graduação no domínio da nanotecnologia e a orientação conjunta de projectos de alunos do 2º e 3º ciclos.

Esta proposta de criação do mestrado integrado em Engenharia Física com o apoio do INL vai de encontro aos objectivos e estratégia da UM.

3.1.3. Coherence of the defined objectives with the institution's mission and strategy.

This education project is coherent with the University of Minho (UM) educational and cultural project, whose key idea is being a “Research University, which within the European space is supposed to play the role of a lecturing and knowledge creation unit of reference, on the basis of its educational project quality; the identity features of its students are supposed to be the knowledge, creativity and ethics.”

This Master degree is perfectly integrated within the UM mission of “generating, spreading, and applying knowledge, compatibly with thinking-freedom and critic exercises plurality; this is fulfilled by promoting advanced learning and contributing to the construction of a society model based in humanistic principles; it has the knowledge, creativity and innovation as means of growing, sustainable development, well-being, and solidarity.” This learning project was built to be innovating and interdisciplinary; it is based on the excellence skills of learning/research in the degree scientific areas. Its goal is to attract new publics, both national and international; hence it is fully compatible with the UM strategy goals (2010-2013) provided in 3.2.1.

The advances that followed from the new technologies led to changes in the people profile, by requiring more

competitive attitudes. Contributing to the formation of more competitive people is one of the UM mission strategies. The further development of technological skills as well as the inclusion in the curricula of new materials on emerging topics is among the main requirements of this Master degree.

Indeed the Engineering physicists must develop an overall background (theoretical understanding, strong skills on mathematics, laboratorial skills, as well as experience in modelling and problems solving); simultaneously, a solid and deep knowledge in Physics is required, which will be the background for the development of Engineering applications. This is one of the aims of the present Master degree.

The UM seeks to boost new areas of research of nanomaterials and nanotechnology, and accordingly signed a protocol with the International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL), based in Braga, to foster collaboration on science and technology in the relevant areas of Nanosciences and Nanotechnologies in the context of R & D developed by the two institutions and an overall strategy of scientific and technological development. The Protocol provides, among other actions, special conditions of access to resources and facilities, offers postgraduate courses in the field of nanotechnology and joint supervision of students in the 2nd and 3rd cycles. This proposal for the MSc in Engineering Physics with the INL collaboration will meet the objectives and strategy of the UM.

3.2. Adequação ao Projecto Educativo, Científico e Cultural da Instituição

3.2.1. Projecto educativo, científico e cultural da instituição.

O projecto educativo, científico e cultural da UM para 2010-2013 assenta nos seguintes objectivos:

- OE I: Crescimento, nomeadamente ao nível da pós-graduação orientada para novos públicos e áreas de conhecimento e na investigação, permitindo reforçar a estrutura de recursos humanos da Universidade*
- OE II: Consolidação da Universidade como centro de produção de saber e espaço de talento e criatividade, com reconhecimento e atractividade internacionais*
- OE III: Valorizar e racionalizar a oferta educativa e a educação integral, bem como uma cultura institucional própria*
- OE IV: Reforçar a interacção com a sociedade, em termos qualitativos e quantitativos*
- OE V: Reforçar os sistemas de avaliação e gestão da qualidade, e adaptar a missão das unidades de serviço às novas exigências da gestão universitária*

Para além de ser consistente com estes objectivos, o Mestrado integrado em Engenharia Física apresentado neste documento materializa ainda aspectos importantes do Contrato de Confiança no Ensino Superior para o Futuro de Portugal a que a UM aderiu. Consultar <http://www.portugal.gov.pt/pt/GC18/Documentos/MCTES>

/Contrato_Confianca_EnsSup_Rel_Set_10.pdf, edição de Setembro de 2010. Especificamente no que toca à optimização dos recursos (secção 2.3), o presente ciclo de estudos possibilita a racionalização da estrutura do corpo docente existente. Por exemplo, as unidades curriculares de formação base desta proposta nas áreas científicas de Física, Matemática, Química, Electrónica e Informática, são unidades curriculares já existentes e que constituem a formação base das licenciaturas em Física e em Engenharia Informática e de parte dos mestrados integrados em Engenharia. Por outro lado, esta racionalização estende-se à partilha dos recursos humanos e materiais, altamente especializados, do Laboratório Ibérico Internacional de Nanotecnologia.

3.2.1. Institution's educational, scientific and cultural project.

The UM educational, scientific, and cultural project for 2010-2013 is compatible with the following goals:

- . OE I: Growing, namely at the supervised post-graduation level targeting new publics, scientific areas, and research lines, to reinforce the University human resources structure*
- . OE II: Consolidating the University as center of knowledge production and creativity and talent space, with international recognition and attraction ability*
- . OE III: Valuing and optimizing the educational offer and the integral education, as well as a self-institutional culture*
- . OE IV: Reinforcing the interaction with society both in qualitative and quantitative terms*
- . OE V: Reinforcing the evaluation and management quality systems and adapting the service units to the new university management demands*

Besides being consistent with such goals, the Master in Engineering Physics presented in this document includes important aspects of the Confidence in the University Graduation System for the Portugal future Contract which the UM has joined. See

http://www.portugal.gov.pt/pt/GC18/Documentos/MCTES/Contrato_Confianca_EnsSup-Rel-Set-10-pdf, September 2010 edition. Specifically in what the resources optimization is concerned (section 2.3), the present degree allows the optimization of the lecturers-set structure.

For example, background courses of this proposal in the scientific areas of Physics, Mathematics, Chemistry, Electronics and Computer Science are courses which already exist and form the basis of education degrees in Physics and Computer Engineering and of other master Engineering. On the other hand, this rationalization extends to sharing of highly specialized, human and material, resources of the International Iberian Nanotechnology Laboratory.

3.2.2. Demonstração de que os objectivos definidos para o ciclo de estudos são compatíveis com o projecto educativo, científico e cultural da instituição.

A Universidade do Minho pretende afirmar-se como Universidade de Investigação de excelência, na qual a inovação e empreendedorismo tecnológicos sejam eixos fundamentais da sua interação com o tecido empresarial da região

e do país e ainda para a sua projecção internacional. Pelos motivos anteriormente expostos um curso da natureza deste Mestrado Integrado em Engenharia Física enquadra-se perfeitamente nesta estratégia, tendo em conta que se espera que o presente curso contribua para a qualificação superior de recursos humanos nacionais e internacionais com uma boa preparação científica e tecnológica, sendo os seus objectivos claramente compatíveis com o projecto educativo, científico e cultural da UM. Este projecto toma também em consideração que as sociedades ditas desenvolvidas sustentam a sua capacidade de inovação num conhecimento científico e tecnológico sólido e forte. Nestas mesmas sociedades, a formação superior em Ciências Exactas e Naturais é reconhecida como um valor social inquestionável.

No caso particular da Física, muitos são os exemplos de sociedades desenvolvidas em que o Físico, para além da actividade profissional no campo da sua especialidade, encontra saídas profissionais em diversos sectores da actividade económica. A título de exemplo, cita-se o estudo apresentado no “Libro Blanco: Título de Grado en Física”, sobre as saídas profissionais dos Físicos em Espanha. Com efeito, de acordo com esta publicação e para Espanha, as principais saídas profissionais dos físicos são: docência universitária/investigação (30,1%), docência não universitária (21,5%), Informática e Telecomunicações (19,4%), indústria (7,9%) e consultoria (6,2%).

O presente mestrado integrado em Engenharia Física corresponde a um primeiro e segundo ciclos integrados segundo o modelo de organização do ensino superior português em três ciclos adoptado pela UM. De acordo com o novo regime jurídico dos graus e diplomas (Decreto – Lei nº 74/2006, de 24 de Março de 2006), “no ensino universitário, o ciclo de estudos conducente ao grau de mestre deve assegurar que o estudante adquira uma especialização de natureza académica com recurso à actividade de investigação, de inovação ou de aprofundamento de competências profissionais” (Artº 18º, nº 3). A apresentação, de criação ou de Mestrado integrado em Engenharia Física é pois compatível com a necessidade de orientação do ensino em Física aplicado à Engenharia segundo o modelo de convergência dos sistemas de ensino superior na União Europeia, iniciado com a Declaração de Bolonha. Cabe ainda referir que a criação deste curso consta do Plano Estratégico aprovado pela Escola de Ciências da Universidade do Minho.

3.2.2. Demonstration that the study cycle's objectives are compatible with the institution's educational, scientific and cultural project.

The University of Minho intends to establish itself as a research university of excellence, in which technological innovation and entrepreneurship are the cornerstones of its interaction with the business of the region and country and also for its international profile. For the above reasons a MSc in Engineering Physics fits perfectly in this strategy, taking into account that the present Master degree contributes to the advanced qualification of human resources with a good scientific and technological background, its objectives being clearly compatible with the UM educational, scientific and cultural project. Such a project accounts for the so-called developed societies sustaining their ability of innovation in a strong scientific and technological knowledge. In such societies the advanced formation in Exact and Natural Sciences is recognized as an unquestionable social value.

In the specific case of Physics, there are many examples of advanced societies where the physicist, in addition to activity in his specialization field, finds jobs in several other economical activity areas. For instance, we quote the “Libro Blanco:Título de Grado em Física” study on the other physicists jobs in Spain. According to this publication the main physicists jobs in Spain are: university lecturing/research (30.1%), non-university lecturing (21.5%), informatics and telecommunications (19.4%), industry (7.9%), and consulting (6.2%).

This Master degree in Engineering Physics corresponds to a integrated program of first and second cycles according to the organizational model of the Portuguese higher education in three cycles adopted by UM. The Law number 74/2006, dated 24 March 2006, has defined the new Professional Status of the University Degrees and Diplomas; it has introduced the Bologna process in Portugal that the UM educational project has joined. According to the new Professional Status of the University Degrees and Diplomas, “the University studies cycle associated with the Master degree should assure that the student gains an academic background specialization by means of research activity, innovation, or skills reinforcement” (Article 18, number 3).

The submission of this Master in Engineering Physics proposal is then compatible with the changing needs of the lecturing in Physics for applications in Engineering according to the European Union University lecturing systems convergence model; this process was initiated by the Bologna Declaration; it agrees with the UM new Professional Status of the University Degrees and Diplomas functioning.

3.3. Unidades Curriculares

Anexo IV - Introdução à Física Experimental / Introduction to Experimental Physics

3.3.1. Unidade curricular:

Introdução à Física Experimental / Introduction to Experimental Physics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Maria de Fátima Guimarães Cerqueira

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Fornecer ao aluno um conjunto de competências na área de instrumentação. Aprender a trabalhar em laboratório/equipa, trabalhando o seu sentido crítico e as noções de erros e de escolha das melhores experiências a realizar, tendo como objectivo atingir o menor erro na medida. Aprender a analisar e a tratar os dados de uma experiência. Aprender a implementar circuitos de corrente contínua e alternada e fazer a sua análise.

Calcular erros de medidas directas e indirectas.

Implementar circuitos usando o ferro de soldar. Utilizar placas de circuito impresso para implementação de circuitos.

Reproduzir uma experiência e interpretar criticamente os resultados, confrontando com a teoria ou com obtidos por outras técnicas de modo a tirar conclusões. Compreender o significado de erro e saber fazer o seu calculo, quer em medidas directas, quer em medidas indirectas. Ser capaz de implementar um circuito usando uma placa de furos e o ferro de soldar. Saber usar o osciloscópio como aparelho de medida

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Given to the student skills in instrumentation field

Learn how to work in the laboratory/team, working the critical feeling and the basis of error analysis, giving skills for choose the better experiments for a given end having in mind end up with the lower uncertainties in the result. Learn how to treat and analyze the experimental data.

Learn how to implement DC and AC circuits and analyze them.

Understand the scientific meaning of uncertainties and be able to estimate it for direct and indirect measurements

Implement circuits using sidling iron using a hole board

Use of printed circuits boards for circuits implementation.

Learn about the oscilloscope and be able to use it for measuring

Remake a standard experiment and critical interpretation of results

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1.) Tratamento de resultados e análise de erros

Incerteza, erros e precisão experimental; propagação de erros; estatística, erros sistemáticos e aleatórios.

2.) Circuitos de corrente contínua

Lei de Ohm, corrente eléctrica e potencial eléctrico. Fontes de tensão e corrente e sua medição, carga e descarga de um condensador. Construção de um circuitos.

3.) Circuitos de corrente alternada

Sinais alternados harmónicos, definição de frequência amplitude e off-set. Gerador de sinais , multímetro e valores eficazes;

4.) Instrumentação básica

O osciloscópio: funcionamento básico, modos AC e DC, sincronismo; Funcionamento básico de um conversor analógico-digital (CAD) . Estudo da carga e descarga de um condensador usando um CAD.

5.) Uma aplicação ao estudo de um problema físico

Estudo da Queda de um grave usando um circuito RC como relógio.

3.3.5. Syllabus:

1.) Data treatment and error analysis:

Uncertainties, experimental precision; propagation of uncertainties; statistics, systematic and random errors.

2.) DC circuits:

Ohm law, Electric current and Electric potential. Power supply (voltage and current), capacitor charge and discharge, circuits implementation.

3.)AC circuits:

Variable signals, definition of frequency, mangnitude and off-set. Function Generator. Multimeter and RMS values.

4.) Basic instrumentation:

The oscilloscope: working procedure, AC and DC modes, synchronism. Analogic-digital conversor (ADC).

Capacitor study using the ADC conversor.

5.) Application to the study of a standard physical problem: Study of falling bodies using an RC circuit as a chronometer watch.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular funciona de acordo com a sua escolaridade e de acordo com o horário proposta aos alunos. 1h teorica por semana durante 15 semanas- 1 turma

3h de laboratório por semana durante 15 semanas- 3 turmas**3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

This course has 1h/week of theory and 3h/week at the laboratory during 15 weeks

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

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

A) J. R. Taylor, An introduction to Error Analysis, University Science Books (1977).

B) R. A. Serway, Physics for Scientists and engineers with modern physics, Saunders College Publishing (1996).

Anexo IV - Cálculo EC A / Calculus EC A**3.3.1. Unidade curricular:**

Cálculo EC A / Calculus EC A

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Ana Maria Almeida Santos Pereira Vale

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Definir e aplicar o conceito de limite de função real de variável real e correspondentes métodos de cálculo em diversas circunstâncias.

Definir e aplicar o conceito de derivada como um limite e as suas propriedades.

Definir o conceito de integral como um limite e aplicar a noção de integral à determinação de áreas e volumes de sólidos de revolução bem como ao cálculo de comprimentos de curvas.

Definir e aplicar os diferentes métodos de integração em R.

Identificar e resolver equações lineares ordinárias lineares de 1ª ordem e de 2ª ordem com coeficientes constantes.

Definir e aplicar os conceitos de sucessão, de série e de série de potências e suas propriedades e aplicações.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Define and apply the concept of limit of a real function of real variable and the corresponding calculation methods in different circumstances.

Define and apply the concept of derivative as a limit and its properties.

Define the concept of integral as a limit and apply the notion of integral to the determination of areas and volumes of solids of revolution and the calculation of lengths of curves.

Develop and implement the different integration methods in R.

Identify and solve linear ordinary linear 1st order and 2nd order with constant coefficients.

Develop and implement the concepts of sequences, series and power series and their properties and applications.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

0 Revisões de polinómios e trigonometria.

1 Números inteiros, axiomas de Peano e princípio de indução. Números racionais. Axiomas de corpo, axiomas de ordem. Princípio da boa ordenação. Binómio de Newton.

2 Funções reais de variável real. Topologia da recta real. Funções reais. Limites e continuidade. Funções compostas. Teorema de Bolzano e teorema do valor intermédio. Funções inversas. Funções: exponencial, logaritmo, trigonométricas, trigonométricas inversas, hiperbólicas e hiperbólicas inversas.

3 Cálculo diferencial e Integral. Derivada e velocidade. Regra de Leibniz. Derivada da função composta. Teorema do valor médio. Extremos de funções. Polinómios de Taylor. Integral de Riemann. Teorema fundamental do cálculo.

Primitivas. Métodos de integração.

4 Equações diferenciais ordinárias lineares de primeira ordem. Equações diferenciais de variáveis separáveis.
5 Limite de sucessões, sucessões de Cauchy, séries, critérios de convergência.

3.3.5. Syllabus:

0 Reviews the properties of polynomials and trigonometric functions.
1 Integer numbers, the Peano axioms and induction principle. Rational numbers. Field axioms, axioms of order. Principle of good order. Newton binomial.
2 Real functions of real variable. Topology of the real line. Real functions. Limits and continuity. Composition of functions. Theorem of Bolzano and the mean value theorem. Inverse functions. Functions: exponential, logarithmic, trigonometric, inverse trigonometric, hyperbolic and inverse hyperbolic.
3 Differential and Integral Calculus. Derivative and speed. Leibniz rule. Chain rule. Mean value theorem. Extremes of functions. Taylor polynomials. Riemann integral. Fundamental theorem of calculus. Primitive. Integration methods.
4 Linear ordinary differential equations of first order. Differential equations of separable variables.
5 Limit of sequences, Cauchy sequences, series, convergence criteria.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas serão dedicadas à exposição e explicação dos conteúdos e à demonstração de resultados. As aulas teórico-práticas serão dedicadas à resolução de exercícios e problemas.
A avaliação periódica será baseada na realização de testes parciais.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The theoretical lectures will be devoted to exposition and explanation of the content and the proof of some results. The practical classes will be devoted to solving exercises and problems.
Periodic evaluation will be based on partial testing.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

1. T.M. Apostol, Calculus, vol. 1, John Wiley & Sons, New York 1969.
2. K. F. Riley, M. P. Hobson and S. J. Bence, Mathematical Methods for Physics and Engineering, Cambridge University Press

Anexo IV - Álgebra Linear e Geometria Analítica EC / Linear Algebra and Analytic Geometry

3.3.1. Unidade curricular:

Álgebra Linear e Geometria Analítica EC / Linear Algebra and Analytic Geometry

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Lucile Arlette Guilaine Vandembroucq

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

1. Resolver problemas envolvendo rectas, planos e esferas em IR^3
2. Operar com matrizes e calcular o determinante e a inversa de uma matriz
3. Classificar e resolver sistemas de equações lineares
4. Determinar uma base e a dimensão de um subespaço vectorial de IR^n
5. Identificar e representar matricialmente transformações lineares

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

1. Solve problems involving lines, planes and spheres in IR^3
2. Operate with matrices and compute the determinant and the inverse of a matrix
3. Classify and solve systems of linear equations
4. Determine a basis and the dimension of a vector subspace of IR^n
5. Identify linear transformations and represent them by a matrix

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Álgebra vectorial no plano e no espaço: Escalares e vectores. Adição de vectores. Multiplicação por um escalar. Base canónica. Norma de um vector. Produto interno, externo e misto. Aplicações: rectas, planos e esferas.
2. Matrizes: Operações com matrizes. Matrizes invertíveis. Matrizes em forma de escada. Característica de uma matriz.
3. Sistemas de equações lineares: Classificação de sistemas. Algoritmo de eliminação de Gauss. Algoritmo de Gauss-Jordan para a inversão de matrizes invertíveis.
4. Espaços Vectoriais IR^n : Dependência e independência lineares. Subespaço vectorial. Geradores, base e dimensão de um subespaço vectorial.
5. Transformações lineares no espaço: Definição. Matriz de uma transformação linear. Composição. Simetrias. Rotações.
6. Determinantes: Cálculo de determinantes: método de Gauss, Teorema de Laplace. Aplicações: caracterização de matrizes invertíveis, cálculo da inversa, regra de Cramer.
7. Valores e Vectores próprios: Definição e determinação.

3.3.5. Syllabus:

1. Vector algebra in the plane and in the space: Scalars and vectors. Addition of vectors. Multiplication by a scalar. Canonical basis. Norm of a vector. Scalar, crossed and mixed product. Applications: lines, planes and spheres.
2. Matrices: Operations with matrices. Invertible matrices. Echelon matrices. Rank of a matrix.
3. Systems of linear equations: Classification of systems. Gauss elimination. Gauss-Jordan algorithm for the inversion of a matrix.
4. Vector spaces IR^n : Linear dependence and independence. Vector subspace. Generators, basis and dimension of a vector subspace.
5. Linear transformations in the space: Definition. Matrix of a linear transformation. Composition. Symmetries. Rotations.
6. Determinants: Computation of determinants: Gauss method, Laplace theorem. Applications: characterization of invertible matrices, inverse of a matrix, Cramer rule.
7. Eigenvalue and eigenvectors: Definition and determination.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

O objectivo geral desta disciplina é a aquisição, pelo aluno, de conhecimentos e técnicas de álgebra linear de forma a poder usá-los em problemas de geometria analítica.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The overall objective of this course is the acquisition by the student, of the knowledge and techniques of linear algebra in order to be able to use them in problems of analytic geometry.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas serão dedicadas à exposição e explicação dos conteúdos e à demonstração de resultados. As aulas teórico-práticas serão dedicadas à resolução de exercícios e problemas. A avaliação periódica será baseada na realização de testes parciais.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The lectures will be devoted to exposition and explanation of the contents of the curricular unit. The practical classes will be devoted to solving exercises and problems. Periodic evaluation will be based on tests.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

1. *K. F. Riley, M. P. Hobson and S. J. Bence, Mathematical Methods for Physics and Engineering, Cambridge University Press*
2. *S. Lang, Linear Algebra, Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company*
3. *T. M. Apostol, Calculus, vol. 1, John Wiley & Sons, New York, 1969*

Anexo IV - Química Geral / General Chemistry**3.3.1. Unidade curricular:**

Química Geral / General Chemistry

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Lígia Lourdes Miranda Marona Rodrigues

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Definir as características fundamentais de átomos, moléculas e iões.

Compreender os conceitos básicos da teoria quântica, determinar a configuração electrónica de átomos e usar a tabela periódica na previsão das propriedades

Definir os conceitos da teoria da ligação química e relacionar com a geometria molecular e a estequiometria de reacções. Aplicar o conceito de hibridização e a teoria da repulsão dos pares electrónicos da camada de valência.

Entender e realizar cálculos com as funções termodinâmicas, entalpia, entropia, energia livre

Determinar a velocidade de uma reacção e a dependência da concentração, tempo e temperatura. Determinar se equilíbrio se estabeleceu e calcular as concentrações de equilíbrio. Prever os efeitos da variação da concentração, pressão e temperatura nas misturas em equilíbrio (princípio de LeChatelier)

Aplicar os princípios do equilíbrio químico a sistemas aquosos. Reconhecer a importância da segurança num laboratório de química.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Define the fundamental characteristics of atoms, molecules and ions. Understand the basic concepts of quantum theory, determine the electron configurations of atoms, and use periodic trends to make predictions about atomic properties. Define the concepts of the theory of chemical bonding and relate the molecular geometry and the stoichiometry of reactions. Apply the concept of hybridization and the valence electron pair repulsion theory. Understand and perform calculations with the thermodynamic functions, enthalpy, entropy, free energy. Determine the rate of a reaction and its dependence on concentration, time, and temperature. Determine whether equilibrium has been established and calculate equilibrium concentrations. Predict the effects of concentration, pressure and temperature changes on equilibrium mixtures (LeChatelier's principle). Apply the principles of equilibrium to aqueous systems. Recognize the importance of safety in a chemistry laboratory. Perform laboratory experiments.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Programa teórico: 1. Átomos, Moléculas e Iões. Estrutura Electrónica. Configuração Electrónica. Tabela Periódica.

2. Ligação Química.

3. Termoquímica.

4. Cinética Química.

5. Soluções. Propriedades coligativas. Estado coloidal.

6. Equilíbrio Químico.

7. Equilíbrio Ácido-Base.

8. Equilíbrios de Solubilidade.

Programa prático: 1. Noções sobre regras de segurança nos laboratórios.

- 2. Operações laboratoriais simples- Extração; decantação; filtração. Medição de volumes: provetas, pipetas graduadas e volumétricas e balões. Preparação de soluções- volumétricas. Preparação e diluição de soluções.**
- 3. Relações de massa nas transformações químicas.**
- 4. Calor de reacção.**
- 5. Estudo das velocidades de reacção.**
- 6. Aplicação do princípio de Le Chatelier a algumas reacções químicas reversíveis.**
- 7. Titulação ácido-base.**
- 8. Doseamento da vitamina C (oxi-redução).**

3.3.5. Syllabus:

Theoretical programme: 1. Atoms, Molecules and Ions. Electron configurations. Electronic structure and periodic table.

- 2. Chemical bonding and molecular structure**
- 3. Thermochemistry.**
- 4. Chemical Kinetics.**
- 5. Chemical equilibrium.**
- 6. Acid-Base equilibrium and solubility equilibrium.**

Laboratory programme:

- 1. Safety rules in a chemistry laboratory.**
 - 2. Laboratory basic techniques: Extraction; decantation, filtration.**
- Solution preparation and dilution: Measure and transfer liquids using a beaker, graduated cylinder, volumetric flask, and pipette.**
- 3. Mass relations in chemical reactions.**
 - 4. Heat of reaction.**
 - 5. Study of the rate of a reaction and its dependence on concentration, time, and temperature.**
 - 6. Application of LeChatelier's principle to some chemical reactions.**
 - 7. Acid-base titrations.**
 - 8. Determination of vitamin C (oxi-reduction)**

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

O ponto 1 do conteúdo programático cobre os dois primeiros objectivos de aprendizagem, acima listados. O objectivo "definir os conceitos da teoria da ligação química e relacionar com a geometria molecular e a estequiometria de reacções. Aplicar o conceito de hibridização e a teoria da repulsão dos pares electrónicos da camada de valência" é atingido com os conhecimentos adquiridos no ponto 2 dos conteúdos.

Após leccionado o conteúdo de "Termodinâmica" os alunos serão capazes de - entender e realizar cálculos com as funções termodinâmicas, entalpia, entropia, energia livre. O ponto 4 dos conteúdos programáticos está de acordo com o objectivo "- determinar a velocidade de uma reacção e a dependência da concentração, tempo e temperatura". O ponto 5 do programa desenvolve os conceitos que permitem aos estudantes "compreender as propriedades coligativas e o seu uso no estudo das soluções.

Os conteúdos programáticos 6, 7 e 8 estão em coerência com os objectivos: determinar se equilíbrio se estabeleceu e calcular as concentrações de equilíbrio.

- prever os efeitos da variação da concentração, pressão e temperatura nas misturas em equilíbrio (princípio de LeChatelier) - aplicar os princípios do equilíbrio química a sistemas aquosos.

Os trabalhos práticos propostos para além de satisfazerem os objectivos listados relativamente ao conhecimento teórico que suporta o trabalho também permite "- reconhecer a importância da segurança num laboratório de química. - executar operações laboratoriais simples"

O trabalho adicional de pesquisa e apresentação de vários temas da Química vão no sentido dos objectivos definidos acima e acresce também o desenvolvimento de capacidades dos estudantes para comunicar

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Point 1 of the programmatic content covers the first two learning objectives listed above. The objective "- define the concepts of the theory of chemical bonding and relate the molecular geometry and the stoichiometry of reactions. Apply the concept of hybridization and the valence electron pair repulsion theory" is reached with the knowledge gained in point 2 of the contents. After lectured the contents of "Thermochemistry" students will be able "to understand and perform calculations with the thermodynamic functions, enthalpy, entropy, free energy". Point 4 of the syllabus is in accordance with the objective "- determine the rate of a reaction and its dependence on concentration, time, and temperature". Point 5 develop the concepts that allow students "to understand colligative properties and their use in determining the characteristic of solutions".

The syllabus 6, 7 and 8 are in coherence with the objectives: "- determine whether equilibrium has been established and calculate equilibrium concentrations. - predict the effects of concentration, pressure and temperature changes on equilibrium mixtures (LeChatelier's principle). - apply the principles of equilibrium to aqueous systems".

The practical work proposed meet the objectives listed in relation to the theoretical knowledge that supports the work and also allows "- recognize the importance of safety in a chemistry laboratory. - Perform laboratory

experiments”.

Additional work on the search and presentation of various themes of chemistry are in line with the objectives defined above and in addition also allows the development of student’s abilities to communicate.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas T (2 h/semana), aulas TP (1 h/semana) e aulas P (3 h/semana) de presença obrigatória. Nas aulas T serão expostos os diversos temas que fazem parte do programa da UC sendo o aluno estimulado a participar através de questões que serão colocadas pelo docente. Nas aulas TP serão discutidos e resolvidos problemas previamente fornecidos aos alunos. Nas aulas P os alunos executam trabalhos laboratoriais, apresentam os respectivos relatórios e respondem a questionários sobre esses trabalhos.

A avaliação tem 2 componentes: T e P. Na componente T será feita uma avaliação contínua (Resolução de problemas. Apresentação de temas da Química) e 1 avaliação periódica: 2 testes escritos onde são aferidos os conhecimentos dos alunos relacionados com os conteúdos leccionados.

Na componente P serão avaliados: desempenho, relatórios dos trabalhos laboratoriais, questionários.

Os estudantes desenvolvem trabalho em grupo na preparação dos seus temas (distribuídos no começo do semestre).

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical classes (2hrs/week), (1 hr/week) and laboratory classes (3 hrs/week). In the theoretical lectures the different subjects that are part of the programme will be explained and discussed. The students are encouraged to participate in the discussion. In the theoretical-practice lessons problems will be solved. In the laboratory classes several experiments are performed and the lab reports and quizzes are requested.

Students develop group work in the preparation of their themes (distributed at the beginning of the semester).

Presentation/discussion of the themes occurs in problem-solving sessions or laboratory classes.

The course will be graded based on the problems resolutions, homework assignments, oral presentations of Chemistry (case studies) and two tests. The laboratory component is evaluated with lab reports and quizzes.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As aulas teóricas expositivas incidem sobre os conteúdos programáticos definidos para a unidade curricular, que por sua vez estão de acordo com os objectivos. As aulas teórico-práticas como indicado nas metodologias destinam-se a aplicar os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas. Os trabalhos experimentais a realizar nas aulas práticas incidem sobre conceitos transmitidos nas aulas teóricas e também de acordo com os objectivos definidos para a unidade curricular. A pesquisa e apresentação de vários temas de Química Geral estão uma vez mais em coerência com os objectivos definidos.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit’s intended learning outcomes.

The theoretical lectures focus on programmatic content defined for the curricular unit, which in turn is in accordance with the objectives. Theoretical-practical lessons as indicated in the methodologies are intended to apply the knowledge acquired in the theoretical lessons. The experimental work to be carried out in practical classes relate concepts transmitted and also in accordance with the objectives defined for the curricular unit. The research and presentation of various topics of general chemistry are once more in line with the objectives defined

3.3.9. Bibliografia principal:

R. Chang, “Química”, 5ª ed, McGraw-Hill, Lisboa, 1994 (ou 8ª edição)

Apontamentos fornecidos pela docente / Teacher’s notes

Colecção de problemas / Sets of problems.

Protocolos de trabalhos práticos/ Procedures for the laboratory experiments

Anexo IV - Programação Funcional / Functional Programming

3.3.1. Unidade curricular:

Programação Funcional / Functional Programming

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Bernardo dos Santos Monteiro Vieira de Barros

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

No final desta unidade curricular o aluno deverá ser capaz de:

- *Escrever programas numa linguagem de programação funcional (Haskell).*
- *Compreender o conceito de função computável, tipo indutivo e de recursividade.*
- *Definir tipos algébricos para modelar problemas, e programar com esses tipos.*
- *Compreender a noção de tipo principal e de polimorfismo.*
- *Usar funções de ordem superior.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

The students should be able to:

- *write programs in a functional programming language.*
- *understand the concepts of computable function, inductive type and recursion*
- *define and use algebraic types in programs*
- *understand the notions of principal type and polymorphism*
- *use high order functions in programs.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- *Conceitos fundamentais: expressões, tipos, redução, funções e recursividade. Funções computáveis. Estruturas de dados e algoritmos.*
- *Conceitos avançados: funções de ordem superior, polimorfismo, tipos indutivos, classes, modularidade. Tipos abstractos de dados.*

3.3.5. Syllabus:

- *Fundamental concepts: expressions, types, reduction, recursion. Computable function. Data structures and algorithms.*
- *Advanced concepts: high order functions, polymorphism, inductive definitions, classes, modularity. Abstract data types.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos focam tópicos clássicos e amplamente usados na programação funcional.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus focuses on well established and widely used concepts in functional programming.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- *Aulas teóricas (duas aulas semanais de uma hora)*
Exposição da matéria: conceitos teóricos; sua exemplificação; casos de estudo.

- *Aulas teórico-práticas (uma aula semana de duas horas)*
Proposta de resolução de exercícios sobre a matéria exposta nas aulas teóricas. Discussão de hipóteses de resolução; lançamento de ideias de resolução alternativa. Discussão de aspectos relacionados com os projectos elaborados na unidade curricular laboratorial complementar.

A avaliação na disciplina consiste em duas componentes, I (12 valores) e II (8 valores), sendo que a nota mínima na componente I, que visa os resultados mínimos de aprendizagem, é de 8 valores em 12.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

- *Lectures (2 hours per week)*
- *Classes (2 hours per week) where students are encouraged to discuss and write programs to solve some simple problems.*

The assessment has two components: Part I (12/20) covering the minimal skills from which the student cannot fail in more than 1/3 of the questions; and Part II (8/20) covering more advanced subjects.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Metodologia clássica de ensino, amplamente usada e com muitos anos de provas dadas.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Classical teaching methodology, widely used and with many years of proven results.

3.3.9. Bibliografia principal:

- *Introduction to Functional Programming using Haskell. Richard Bird. Prentice-Hall, 1998.*

- *Fundamentos da Computação. Livro II: Programação Funcional. José Manuel Valença e José Bernardo Barros. Universidade Aberta, 2001*
- *Programming in Haskell. Graham Hutton. Cambridge University Press, 2007.*

Anexo IV - Mecânica Newtoniana / Newtonian Mechanics

3.3.1. Unidade curricular:

Mecânica Newtoniana / Newtonian Mechanics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Nuno Miguel Machado Reis Peres

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Proficiência na descrição matemática de problemas de cinemática e de dinâmica newtoniana, tanto para partícula material como para o corpo rígido. Compreensão da importância das leis de conservação na descrição dos fenómenos físicos e sua aplicação a sistemas de muitas partículas.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Proficiency on the mathematical description of the kinematics and the dynamics of bodies motion, both for the point particle and for the rigid body. Understanding of the importance of conservation laws on the description of the physical phenomena and their application to many particle systems.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1.) *Cinemática:*

Movimentos uniformes e variados, e rectilíneos e circulares

2.) *Dinâmica da partícula e movimento harmónico simples:*

Leis de Newton e sua aplicação a problemas diversos. Dinâmica das oscilações lineares. Forças não inerciais.

3.) *Leis de conservação e colisões:*

Conservação do momento linear e da energia mecânica e sua aplicação a colisões entre partículas. Lei da conservação do momento angular

4.) *Lei da Gravitação Universal:*

Movimento sob o efeito de uma força central. Efeito gravítico dos corpos celestes

5.) *Dinâmica de Rotação do Sólido:*

Momento de uma força. Movimento planar do corpo rígido. Giroscópios.

3.3.5. Syllabus:

1.) *Kinematics:*

Equation of motion in one and two dimensions

2.) *Newton's laws and harmonic motion:*

Motion of bodies under different types of forces. Harmonic motion. Non-inertial forces

3.) *Conservation laws and collisions:*

Conservation of energy, linear momentum, and angular momentum. Collisions.

4.) *Universal gravitational law*

Motion of a body under the action of a central force. Newton's gravitation law.

5.) *Dynamics of the rigid body*

Torque of a force. Motion of a rigid body with a fixed axis. Gyroscopic motion.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A apresentação dos conteúdos programáticos segue uma das sequências padrão na apresentação da mecânica newtoniana. Os objectivos da aprendizagem são a compreensão conceptual e o domínio matemático dos diferentes aspectos do programa.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The subjects are presented following one the standard sequences for teaching Newtonian mechanics, as can be

confirmed by the three reference textbooks listed in the bibliography. The learning outcomes are the mastering of the different aspects of the syllabus, both at the conceptual and mathematical levels.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A matéria será preferencialmente explicada com recurso à escrita com giz num quadro. Essa exposição será apoiada, quando relevante e apropriado, pela projecção de imagens, vídeos e simulações computacionais. A realização de experiências simples de demonstração também será incluída, desde que passíveis de realizar fora do laboratório.

A avaliação assentará na realização de trabalhos para casa, quer de natureza analítica quer de natureza numérica, na realização de um pequeno projecto de investigação (de carácter facultativo) e na realização de duas provas escritas.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The subjects are presented in the blackboard. When relevant the projection of slides and videos will be used. Computational simulation and experimental exhibitions will also be used when appropriate. Table top experiments done in class will illustrate relevant aspects on the motion of particles.

The evaluation is based on homework exercises, a small research project (non-mandatory, and aimed at very motivated students) and two written exams.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A apresentação no quadro permite ao estudante ir seguindo o raciocínio dedutivo dos vários aspectos da formulação matemática do movimento dos corpos. O ritmo dessa exposição é muito mais favorável que a apresentação sequencial de transparências. A projecção de vídeos permite ilustrar exemplos concretos de movimentos e discutir aspectos mais complexos dos movimentos em condições reais. A realização de experiências de demonstração permite a discussão de aspectos importantes de mecânica no contexto concreto de um assunto.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The writing on the blackboard introduces a slow rhythm of presentation of a subject easing the understanding of the deductive steps. A class based on the systematic slide show easily moves at a faster pace soon becoming difficult to follow. The exhibition of videos allows the discussion of more complex types of motion. Table top experiments allows the discussion of important aspects of the theory in context.

3.3.9. Bibliografia principal:

A) R. Douglas Gregory, Classical Mechanics: An Undergraduate Text, Cambridge University Press, 2006.

B) A. P. French, Newtonian Mechanics, Norton, 1971.

C) Charles Kittel, A. Ruderman, A. Carl Helmholz e Burton J. Moyer, Mechanics, Berkeley Physics Course, 2ª edição, McGraw-Hill, 1973.

Anexo IV - Cálculo Vectorial / Vector Calculus

3.3.1. Unidade curricular:

Cálculo Vectorial / Vector Calculus

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Ana Maria Almeida Santos Pereira Vale

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Definir e aplicar noções de cálculo diferencial em R^2 e R^3 .

Definir e aplicar as condições para a determinação de máximos e mínimos de funções de 2 e 3 variáveis.

Definir e aplicar o conceito de campo vectorial e os diversos operadores vectoriais em R^2 e R^3 em diferentes sistemas de coordenadas.

Definir e aplicar os conceitos e métodos de resolução de integrais duplos e triplos.

Definir e aplicar os métodos de resolução de integrais de linha.

Definir e aplicar os teoremas do cálculo integral da análise vectorial

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Define and apply concepts of calculus in R^2 and R^3 .

Define and apply the conditions for the determination of maxima and minima of functions of 2 and 3 variables.

Define and apply the concept of vector field and the various vector operator in R^2 and R^3 in different coordinate systems.

Develop and apply the concepts and methods of resolution of double and triple integrals.

Develop and apply the methods of solving integrals.

Define and apply the theorems of integral calculus of vector analysis

3.3.5. Conteúdos programáticos:**1. Campos escalares**

Derivadas parciais e direccionais. Diferencial total. Superfície de nível e plano tangente. Gradiente. Regra da Cadeia. Teorema da função implícita. Teorema da função inversa. Extremos e Multiplicadores de Lagrange.

2. Campos vectoriais

Derivação: caminhos diferenciáveis, rotacional e divergência. Regra da Cadeia. Campos conservativos e equações diferenciais exactas.

3. Integração múltipla

Áreas, volumes e mudança de coordenadas. Coordenadas polares e esféricas.

4. Teoremas integrais da análise vectorial

Superfícies parametrizadas. Integrais de linha. Integrais de superfície. Teorema de Green. Teoremas de Stokes e de Gauss.

3.3.5. Syllabus:**1. Scalar fields**

Partial and directional derivatives. Total differential. Level surfaces and tangent plane. Gradient. Chain Rule. Implicit function theorem. Inverse function theorem. Extremes and Lagrange multipliers.

2. Vector fields

differentiable paths, curl and divergence. Chain Rule. Conservative Fields and exact differential equations.

3. Multiple integration

Area, volume and change of coordinates. Spherical and polar coordinates.

4. Integral theorems of vector analysis

Parametrized surfaces. Path integrals. Integrals over a surface, Green theorem, Stokes and Gauss's theorems.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas serão dedicadas à exposição e explicação dos conteúdos e à demonstração de resultados. As aulas teórico-práticas serão dedicadas à resolução de exercícios e problemas.

A avaliação periódica será baseada na realização de testes parciais.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

As aulas teóricas serão dedicadas à exposição e explicação dos conteúdos e à demonstração de resultados. As aulas teórico-práticas serão dedicadas à resolução de exercícios e problemas.

A avaliação periódica será baseada na realização de testes parciais.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

1. *T.M. Apostol, Calculus, vol. 2, John Wiley & Sons, New York 1969.*
2. *K. F. Riley, M. P. Hobson and S. J. Bence, Mathematical Methods for Physics and Engineering, Cambridge University Press*

Anexo IV - Complementos de Cálculo e de Geometria Analítica / Complements of Calculus and Analytic Geometry

3.3.1. Unidade curricular:

Complementos de Cálculo e de Geometria Analítica / Complements of Calculus and Analytic Geometry

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Lucile Arlette Guilaine Vandembroucq

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

1. *Resolver equações diferenciais lineares de 2ª ordem de coeficientes constantes.*
2. *Diagonalizar matrizes normais, hermiticas, anti-hermiticas e unitárias.*
3. *Identificar cónicas e superfícies quádricas.*
4. *Identificar grupos de matrizes e interpretar o seu significado geométrico.*
5. *Resolver sistemas de equações diferenciais lineares.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

1. *Solve 2nd order linear differential equations with constant coefficients*
2. *Diagonalize normal, hermitian, anti-hermitian and unitary matrices.*
3. *Identify conics and quadric superficies*
4. *Identify matrix groups and interpret their geometric features*
5. *Solve systems of linear differential equations.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. *Equações diferenciais lineares de ordem superior: Equações diferenciais lineares de 2ª ordem de coeficientes constantes: método do polinómio característico e método dos coeficientes indeterminados.*
2. *Valores próprios e vectores próprios de uma matriz: Matrizes semelhantes. Diagonalização de matrizes. Casos especiais de matrizes normais, hermiticas, anti-hermiticas, unitárias. Matriz mudança de base. Formas quadrática e hermitica: propriedades estacionárias dos vectores próprios; cónicas e superfícies quádricas.*
3. *Grupos de matrizes: Grupos de matrizes e simetrias, grupo ortogonal, grupo unitário, grupo de Lorentz.*
4. *Sistemas de equações diferenciais: Espaço de fases, exponencial de uma matriz, resolução de sistemas de equações diferenciais lineares.*

3.3.5. Syllabus:

1. *High order linear differential equations: 2nd order linear differential equations with constant coefficients. Method of characteristic polynomial. Method of undetermined coefficients.*
2. *Eigenvalue and eigenvectors: Similar matrices. Diagonalization of matrices. Special cases of normal, hermitian, anti-hermitian and unitary matrices. Change of basis and transition matrices. Quadratic and hermitian forms: stationary properties of eigenvectors; conics and quadratic surfaces.*
3. *Matrix groups: Matrix groups and symmetries, orthogonal group, unitary group, Lorentz group.*
4. *Systems of differential equations. Phase space, exponential of a matrix, resolution of systems of linear differential equations.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas serão dedicadas à exposição e explicação dos conteúdos e à demonstração de resultados. As aulas teórico-práticas serão dedicadas à resolução de exercícios e problemas. A avaliação periódica será baseada na realização de testes parciais.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The lectures will be devoted to exposition and explanation of the contents of the curricular unit. The practical classes will be devoted to solving exercises and problems. Periodic evaluation will be based on tests.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

1. *A. Baker, Matrix Groups An Introduction to Lie Group Theory, Springer, 2006*
2. *K. F. Riley, M. P. Hobson and S. J. Bence, Mathematical Methods for Physics and Engineering, Cambridge University Press*
3. *T. M. Apostol, Calculus, vol. 2, John Wiley & Sons, New York, 1969*

Anexo IV - Linguagens para Computação Numérica / Languages for Numeric Computation**3.3.1. Unidade curricular:**

Linguagens para Computação Numérica / Languages for Numeric Computation

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Paulo Jorge Freitas de Oliveira Novais

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

É objectivo desta unidade curricular explorar e ampliar os conhecimentos relacionados com as Tecnologias da Informação e da Comunicação, em particular, no que respeita a utilização de Linguagens de Programação e ao uso de software de Computação Simbólico no contexto da Física.

- *Demonstrar capacidade de resolução de problemas inerentes à execução das tarefas de programação;*
 - *Aplicar uma Linguagem de Programação estudada na programação de computadores;*
 - *Utilizar software de cálculo simbólico;*
 - *Resolver problemas de análise matemática e álgebra linear usando cálculo simbólico;*
 - *Utilizar software de cálculo simbólico para visualização gráfica de funções de uma e duas variáveis;*
- Resolver problemas elementares de Física recorrendo ao uso de uma linguagem de programação e/ou usando um software de computação simbólico.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

The aim of this course is to explore and expand the knowledge related to Information Technology and Communication, in particular as regards the use of programming languages and the use of software in the context of Symbolic Computation Physics.

- *Demonstrate ability to solve problems inherent to the implementation of programming tasks;*
 - *Apply a programming language studied in computer programming;*
 - *Use symbolic calculation software;*
 - *Solving mathematical analysis using linear algebra and symbolic calculus;*
 - *Use symbolic calculation software for graphical display of functions of one and two variables;*
- Solve problems using basic physics to the use of a programming language and / or using a symbolic computing software.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:**Linguagens de Programação:****Algoritmos e Estruturas de Dados****Conceitos Básicos e Terminologia.****Algoritmos e Programas.****Estruturas Algorítmicas de Decisão.****Estruturas de Dados.****Sub-Programas, Funções e Procedimentos.****Armazenamento e pesquisa de informação em ficheiros;****Breve história das linguagens de programação.****Introdução a linguagens de programação (e.g., C);****Resolução de problemas elementares de Física.****Computação simbólica:****Introdução a técnicas de computação Simbólica.****Computação Numérica.****Computação Simbólica.****Computação Algébrica.****Gráficos;****Utilização de software de computação simbólica (e.g., OCTAVE, MATLAB).****Resolução de problemas elementares de Física.****3.3.5. Syllabus:****Programming Languages:****Algorithms and Data Structures****Basic Concepts and Terminology.****Algorithms and Programs.****Decision Data Structures.****Data Structures.****Sub-Programs, Functions and Procedures.****Storage and search of information in files;****Brief history of programming languages.****Introduction to programming languages (eg, C);****Elementary physics problem solving.****Symbolic Computation:****Introduction to Symbolic computation techniques.****Numerical Computation.****Symbolic Computation.****Computer Algebra.****graphics;****Use of symbolic computation software (eg, OCTAVE, MATLAB).****Elementary physics problem solving.****3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.**

Na impossibilidade de abranger no seu âmbito a enorme variedade de linguagens de programação, a unidade curricular opta por concentrar o estudo dos fundamentos do C num primeiro módulo, para de seguida abordar com detalhe a computação simbólica e o uso da Linguagem C nesse contexto. Procede-se assim a um ensino orientado a casos que permite não apenas a melhor compreensão dos conceitos e resultados, mas treina igualmente a capacidade de adaptação de conhecimentos e sua aplicação. A sua abordagem de forma sistemática e com forte suporte laboratorial, permite desenvolver harmoniosamente as competências referidas acima.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Given the diversity of different types of Programming Languages, this curricular unit develops in two main parts: a first module providing a general introduction to C, followed by the detailed study of symbolic computation and use the use of C language in this context. This sort of case-oriented learning approach not only provides an integrated and solid understanding of contents, but also contributes to training the ability to apply old concepts to new situations and problems. Its systematic approach, supported by extensive experimental support, seems able to provide the balanced development of all competences enumerated above.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**Métodos de Ensino Individualizado:**

- Estudo dirigido, Ensino por módulos

Métodos de Ensino Socializado:

- Discussão em pequenos grupos, Discussão dirigida, Brainstorming, Palestra

Métodos de Ensino Sócio-Individualizado:

- Projecto, Problemas, Pesquisa

A avaliação da aprendizagem envolve dois instrumentos de avaliação: um trabalho de desenvolvimentos experimentais e escritos, a realizar em grupo, consubstanciando uma componente prática de grupo e uma prova prática, de carácter individual.

Tanto a componente individual como a componente de grupo têm limite de execução temporal bem definido, nunca excedendo o período lectivo, exigindo-se, ainda, a realização de todos os trabalhos enunciados. A não entrega dos trabalhos dentro dos prazos estabelecidos acarretará uma penalização de 25% na sua classificação.

A classificação final é dada na forma:

- **50% da classificação provém da componente prática de grupo;**
- **50% da classificação provém da componente prática individual.**

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Individualized Teaching Methods:

- Oriented Study

- Modular Teaching

Socializing Teaching Methods:

- Small groups discussion

- Oriented Discussion

- Brainstorming

- Lecture

Methods of Socio-Individualized Teaching:

- Project

- Problems

- Search

The assessment of learning involves two assessment instruments: an experimental development work and writings, to be held in group, consolidating a group practice component and a practical test of individual character.

Both the individual component as a component of the group have a well-defined time limit, never exceeding the academic year, demanding also the realization of all jobs listed. Failure to deliver the work within the deadlines will result in a penalty of 25% in its classification.

The final classification is given in the form:

- **50% of the grade comes from the practical component of the group;**
- **50% of the grade comes from the individual practice component.**

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os objectivos fixados para a Unidade Curricular aconselham a adopção de uma metodologia dinâmica, capaz de articular teoria e prática que incentive a participação dos alunos. A metodologia proposta vai exactamente nesse sentido.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The aims fixed for this Curricular Unit and the competences to develop require the choice and implementation of a dynamic teaching methodology, able to correctly articulate theory and practice and, furthermore, to foster students participation in the classroom. The proposed methodology has exactly such a profile.

3.3.9. Bibliografia principal:

A) Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein, Introduction to Algorithms (2nd edition), MIT Press, ISBN-13: 978-0262032933, 2001;

B) Kernighan B., Richie D., The C Programming Language, Prentice Hall, 2nd edition, 1988.

C) Bjarne Stroustrup. The C++ Programming Language. Addison Wesley Pub Co, 3rd edition edition, February 2000.

Anexo IV - Análise de Circuitos / Circuit Analysis

3.3.1. Unidade curricular:

Análise de Circuitos / Circuit Analysis

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Hígino Gomes Correia

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Analisar o estado estacionário de circuitos eléctricos de corrente contínua alimentados por fontes lineares de energia.

Analisar o estado transitório de circuitos RC e RL de primeira ordem.

Calcular a tensão, a corrente e a potência em jogo em cada elemento de um circuito eléctrico.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

To analyze electric circuits in DC mode supplied by linear energy sources. To analyze transient behavior of RL and RC circuits. To obtain the voltage, current and power values in each element of a electric circuit.

3.3.5. Conteúdos programáticos:**1. Revisão de Conceitos Fundamentais**

- *Corrente eléctrica, potencial eléctrico e tensão;*
- *Condutor ideal;*
- *Circuito aberto;*
- *Resistência e Lei de Ohm;*
- *Energia e potência;*
- *Série eléctrica e paralelo eléctrico;*
- *Divisor de tensão; Divisor de corrente.*

2. Fontes de Energia

- *Fonte ideal de tensão; Fonte ideal de corrente;*
- *Fontes ideais em série; Fontes ideais em paralelo;*
- *Fontes lineares de energia;*
- *Transferência máxima de potência de uma fonte para uma carga resistiva.*

3. Métodos de Análise de Circuitos

- *Leis de Kirchoff;*
- *Método das Correntes Fictícias; Método das Tensões Nodais;*
- *Princípio da Sobreposição;*
- *Teorema de Thévenin; Teorema de Norton.*

4. Dispositivos de Armazenamento de Energia

- *Condensador ideal;*
- *Bobina ideal;*
- *Circuitos com resistências e condensadores;*
- *Circuitos com resistências e bobinas;*
- *Constante de tempo de um circuito.*

3.3.5. Syllabus:**1. Basic concepts review**

- *Electrical current, electrical potential, differential voltage;*
- *Ideal conductor;*
- *Open-circuit;*
- *Resistance and Ohm Law;*
- *Power and energy;*
- *Electrical and parallel series;*
- *Voltage divider, current divider.*

2. Electrical energy sources

- *Ideal voltage source; ideal current source;*
- *Sources in series and parallel;*
- *Linear energy sources ;*
- *Maximum transfer of power from a source to a resistor.*

3. Circuits analysis methods

- *Kirchoff laws;*
- *Virtual current method; voltage nodes method;*
- *Superposition principle;*
- *Thévenin theorem; Norton theorem.*

4. Energy storing

- *Ideal capacitor;*
- *Ideal inductor;*
- *Circuits with resistors and capacitors;*
- *Circuits with resistors and inductors;*
- *Circuit time-constant.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Esta UC é a introdução a conceitos básicos de electrónica para alunos do 1º ano.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

This is the introduction course for education in electrical engineering and to basic concepts for first year students.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas presenciais teóricas e laboratoriais, montagem de circuitos básicos nas aulas práticas. Avaliação por exame final (50%) e nota prática obtida no desempenho nas aulas laboratoriais (50%).

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical and laboratorial lectures for mounting basic circuits. The assessment is based in final examination (50%) and the value obtained in the laboratorial class (50%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A avaliação é dividida pela parte teórica e prática. Nesta UC a parte laboratorial é fundamental para aprendizagem dos conceitos.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The assessment is divided by the theoretical and practical parts. An important issue is the laboratorial lectures in this course.

3.3.9. Bibliografia principal:

*Meireles, Vítor; Circuitos Eléctricos; LIDEL – Edições técnicas, LDA, Outubro de 2001.
Scott, Donald E.; An Introduction to Circuit Analysis – A Systems Approach; McGraw-Hill, 1987.
Hayt, William e Kemmerly, J.; Engineering Circuit Analysis; McGraw Hill, 1987.
Boylstead, Robert L.; Introductory Circuit Analysis (8ª ed.); Prentice Hall, 1997.
Nilsson, James W. e Riedel, Susan A.; Electric Circuits (5ª ed.); Addison-Wesley, 1996.*

Anexo IV - Laboratório de Mecânica Newtoniana / Newtonian Mechanics Laboratory

3.3.1. Unidade curricular:

Laboratório de Mecânica Newtoniana / Newtonian Mechanics Laboratory

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Francisco José Machado de Macedo

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

Teresa Maria dos Santos Ribeiro Viseu

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Ilustrar, do ponto de vista da física experimental, os conceitos físicos subjacentes à UC.
Estimular a montagem e execução de experiências de mecânica.
Proporcionar o acesso e utilização de ferramentas e métodos matemáticos e computacionais no tratamento e análise de resultados experimentais.
Organizar e comunicar resultados experimentais. Organizar e apresentar um trabalho científico.
Seleccionar informação relevante da literatura científica e técnica para resolver problemas experimentais.
Montar e executar experiências p/ estudar fenómenos de mecânica newtoniana e ondas transversais unidimensionais.
Modelar e simular, através do uso do computador, os fenómenos físicos de mecânica newtoniana e ondas transversais unidimensionais estudados experimentalmente.
Analisar e interpretar resultados experimentais com o uso apropriado de métodos estatísticos.
Comunicar informação científica e técnica através de apresentações orais e escritas.
Integrar-se e trabalhar em pequenos grupos.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

*Illustrating from the point of view of experimental physics, the physical concepts underlying the UC.
Stimulate the mounting and carry out experiments in mechanics.*

Provide access to and use of tools and mathematical and computational methods in the treatment and analysis of experimental results.

Organize and report experimental results. Organize and present a scientific paper.

Select relevant information from scientific and technical literature to solve experimental problems.

Mount and perform experiments to study phenomena of Newtonian mechanics and one-dimensional transverse waves.

Model and simulate, using the computer, the physical phenomena of Newtonian mechanics and one-dimensional transverse waves studied experimentally.

Analyze and interpret experimental results using appropriate statistical methods.

Communicate scientific and technical information through oral and written presentations.

Integrate and work in small groups.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Análise estatística do movimento de um pêndulo. Oscilações forçadas de um pêndulo. Movimento oscilatório amortecido. Determinação da massa eficaz de uma mola. Ondas estacionárias (corda vibrante, tubo de Kundt a coluna de água). Colisões de partículas. Máquina de Atwood. Determinação do momento de inércia de sólidos simples e verificação do teorema de Steiner.

3.3.5. Syllabus:

Statistical analysis of the motion of a pendulum. Forced oscillations of a pendulum. Damped oscillatory motion. Determination of the effective mass of a spring. Standing waves (vibrating string, Kundt's tube the water column). Particle collisions. Atwood Machine. Determination of moment of inertia of simple solids and verification of the theorem of Steiner.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Sendo uma UC de carácter experimental, a concretização dos conteúdos programáticos decorre da própria realização dos trabalhos práticos, do tratamento dos dados das experiências e da análise e discussão dos resultados obtidos. A comunicação dos resultados obtidos, em formas comuns no meio científico, é também estimulada, tal como consta do ponto 3.3.4. Assim, a concretização dos objectivos decorre naturalmente da boa gestão dos conteúdos programáticos.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

As an experimental UC, the implementation of the syllabus is a natural consequence of the experimental performance, data processing and analysis, and discussion of results. Reporting the results in a scientific way is also encouraged, as set out in section 3.3.4. Thus, the achievement of the learning outcomes flows naturally from a good management of the syllabus.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas desta UC é proposta aos alunos a execução de uma experiência, antecedida ou não da montagem parcial da mesma. É controlada a execução correcta das experiências propostas sendo, quando necessário, acrescentada informação à que consta dos protocolos. É promovida a autonomia e a capacidade de encontrar soluções perante problemas experimentais. É estimulada a discussão dos resultados obtidos, sendo explorados sempre que possível, os aspectos mais polémicos ou potencialmente incorrectos associados.

1. Componentes da avaliação.

A. Preparação e execução dos trabalhos.

B. Relatórios de 3 dos trabalhos realizados (em grupo).

C. Apresentação oral de um trabalho experimental.

D. Prova escrita.

2. Serão admitidos a exame os alunos que obtenham em A, B e C uma classificação não inferior a 8 val. tendo obtido em D uma classificação inferior a 8 val.

3. Ponderação.

A (10%) B (25%) C (20%) D (45%)

Serão aprovados os estudantes com classificação final maior ou igual a 10 valores.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

In this UC classes the students should perform an experimental activity, preceded or not of mounting part of it. The right implementation of the experiments is accompanied, and additional information is transmitted to the students, whenever necessary.

Autonomy is promoted, as well as the ability to find solutions for the problems that might appear. Discussion of the results is stimulated and most controversial or potentially inaccurate aspects are empathized.

1. Components of the evaluation.

A. Preparation and execution of the experiments.

B. Three reports (in groups).

C. An oral presentation of one of the experiments.

D. Written examination.

2. *In order to have success, students must obtain at least 8/20 values in A, B and C, and D, being the final mark at least equal to 10/20 values, according to the relative weights.*

3. Weighting.

A (10%) B (25%) C (20%) D (45%).

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino propostas apontam todas no sentido da prossecução dos objectivos enunciados. É promovida a autonomia, estimulando-se a discussão construtiva e o rigor na análise dos resultados. Para isto será necessário frequentemente o recurso a métodos matemáticos e computacionais adequados, bem como a selecção de informação, tal como se pretende.

Mesmo a avaliação é pensada para a comunicação, quer oral quer escrita dos resultados e das conclusões dos trabalhos realizados, tal como proposto no ponto 3.3.7.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The proposed teaching methodologies all point towards the achievement of objectives. Autonomy is promoted, by stimulating constructive discussion and rigorous analysis of the results. Moreover, it is often necessary to use appropriate mathematical and computational methods, and selection of scientific information, as intended.

Even assessment is designed to promote communication of the scientific results and conclusions, in oral and written ways, as proposed in section 3.3.7.

3.3.9. Bibliografia principal:

Departamento de Física, Protocolos dos trabalhos práticos e notas suplementares.

Physics Department, Protocols of the experiments and supplementary notes.

J. R. Taylor, An introduction to Error Analysis , University Science Books (1977).

D. W. Preston and E. R. Dietz, The art of Experimental Physics (John Wiley).

R. A. Serway, Physics for Scientists and engineers with modern physics , Saunders College Publishing (1996).

M. C. Abreu, L. Matias, L. F. Peralta, Física Experimental: Uma Introdução, Editorial Presença (1994).

P. R. Bevington, D. K. Robinson, Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences, McGraw-Hill (2003).

Anexo IV - Mecânica Analítica e Ondas / Analytical Mechanics and Waves**3.3.1. Unidade curricular:**

Mecânica Analítica e Ondas / Analytical Mechanics and Waves

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Luís Pires Ribeiro

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Aplicar o formalismo de Lagrange e de Hamilton à resolução de problemas de mecânica; Adquirir noções elementares de cálculo variacional; Compreender as noções de espaço de configuração e de espaço de fase de um sistema mecânico. Compreender a noção de modos normais de vibração. Conhecer a descrição matemática de ondas e aplicar este formalismo à resolução de problemas elementares de propagação em meios físicos.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Students successfully completing this course will demonstrate knowledge of fundamental concepts in Classical Mechanics and the ability to i) use Lagrange and Hamilton formalisms in specific examples; ii) demonstrate understanding of the procedure of the calculus of variations; iii) understand the notions of configuration space and phase space of a mechanical system, iv) use the definition of normal modes and normal mode coordinates, v) recast the vibrational energy in terms of normal mode coordinates; vi) use complex number notation and the mathematical description of wave propagation to discuss wave phenomena in different physical media.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Dinâmica Lagrangiana: Restrições, coordenadas generalizadas, Princípio d`Alembert, Equações de Lagrange,

Princípio de Hamilton, o Hamiltoniano.

Dinâmica Hamiltoniana: Equações de Hamilton e princípio de Hamilton, Conjugação canónica, o espaço de fase e o teorema de Liouville, Formulação de Poisson.

Pequenas oscilações e modos normais: Osciladores acoplados, notação matricial, coordenadas normais; passagem ao contínuo: equação de onda.

Descrição matemática do movimento ondulatório: Ondas a 1-dim., ondas harmónicas e representação exponencial; ondas 2-dim e 3 dim.: frente circulares e esféricas; sobreposição de ondas e condições iniciais; reflexão de ondas numa interface de onda. Propagação de ondas num meio físico: Propagação de ondas numa corda, Reflexão e transmissão numa interface. Ondas estacionárias. Energia de vibração, energia por modo normal, Trem de ondas e velocidade de grupo Ondas longitudinais (som num gás). Efeito Doppler. Transformada de Fourier, O princípio de incerteza

3.3.5. Syllabus:

Lagrangian dynamics: Constrained motion and generalized coordinates, D'Alembert's Principle, Lagrange's equations, Hamilton's Principle, generalized moments and the Hamiltonian.

Hamiltonian dynamics: Hamilton's equations, canonical conjugation, phase space and Liouville's theorem; Poisson brackets.

Small oscillations and normal modes: Coupled oscillators, matrix notation, normal coordinates, passage to the continuum limit and the wave equation.

Mathematical description of wave motion: Waves in one dimension, harmonic waves, complex representation, waves in two- and three dimensions, wavefronts. Superposition of waves, standing waves, initial and boundary conditions, perfect and partial reflection of a wave.

Waves in physical media: Transverse waves in a stretched elastic string, transmission and reflection coefficients, energy per normal mode, dispersion and group velocity, longitudinal waves in a rod and in a fluid, Doppler effect, the Fourier transform, the uncertainty principle.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Este curso inclui aulas teóricas e aulas de discussão e resolução de problemas.

Os alunos tem aproveitamento à unidade curricular por:

1- frequência, fazendo i) dois testes escritos, com nota mínima de 8 valores e com uma ponderação de 37.5 % cada para a nota final e, ii) resolução de fichas de problemas, valendo 25% da nota final;

ou por

2- Exame Final.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

This course will comprise formal lectures integrated with classroom discussions and written problem-solving exercises assigned by the instructor (problem sets).

Students may choose between the two following possibilities:

1- Periodic assesment: two pencil and paper tests (with a weight of 37.5% each), plus individual reports on periodic problem sets (25%)

2- Final assesment: Final written exam.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

A) A. L. Fetter and J. D. Walecka, Theoretical Mechanics of Particles and Continua, Dover Publications INC. , 2003.

B) W. Gough, J. P. G. Richards and R. P. Williams, Vibrations and Waves, Prentice Hall, 1996.

Anexo IV - Análise complexa / Complex Analysis

3.3.1. Unidade curricular:

Análise complexa / Complex Analysis

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Gueorgui Vitalievitch Smirnov

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Objectivos: Conhecimentos básicos da Análise Complexa e da Teoria das Séries de Fourier.

Resultados de aprendizagem: Relacionar a noção de derivada de uma função complexa com as condições de Cauchy-Riemann. Aplicar os teoremas fundamentais da análise complexa. Utilizar a técnica de desenvolvimento em séries de Laurent no estudo de singularidades de funções complexas. Aplicar o método dos resíduos ao cálculo de integrais. Utilizar transformações conformes para resolução de problemas de contorno para equação de Laplace em caso de domínios de geometria simples. Compreender o conceito de expansão de uma função em série de Fourier.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Objectives: Knowledge of Basic Complex Analysis and Theory of Fourier Series.

Learning Outcomes: Correlate the notion of a derived from a complex function with the Cauchy-Riemann conditions. Apply the fundamental theorems of complex analysis. Use the technique of development in a Laurent series in the study of singularities of complex functions. Apply residual method to the calculation of integrals. Use conformal transformations to solve contour problems for the Laplace equation in the case of domains of simple geometry. Understand the concept of expanding a function in Fourier series.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução à análise complexa

Álgebra e geometria do plano complexo. Funções holomorfas. Equações de Cauchy-Riemann e funções harmónicas.

2. Séries de potências

Exponencial e funções trigonométricas. Integrais de contorno, primitivas, teorema de Cauchy-Goursat. Fórmula de Cauchy. Teorema de Taylor. Séries de Laurent, singularidades. Teorema dos resíduos, aplicações ao cálculo de integrais reais.

3. Séries e transformada de Fourier

Método de separação de variáveis, corda vibrante e difusão. Séries de Fourier, propriedades, convolução. Convergência das séries de Fourier. Transformada de Fourier.

4. Transformações conformes

Transformações conformes, pontos críticos, transformações inversas, transformações envolvendo arcos de círculo.

5. Avaliação assintótica de integrais

Avaliação assintótica de integrais do tipo Laplace e do tipo Fourier; método do 'steepest descent'.

3.3.5. Syllabus:

1. Introduction to complex analysis

Algebra and geometry of the complex plane. Holomorphic functions. Cauchy-Riemann equations and harmonic functions.

2. Power series

Exponential and trigonometric functions. Contour integrals, primitives and Cauchy-Goursat theorem. Cauchy formula. Taylor's theorem. Laurent series, singularities. Residue theorem, applications to the calculation of real integrals.

3. Series and Fourier transform

Method of separation of variables, the vibrating string and diffusion. Fourier series, properties, convolution. Convergence of Fourier series. Fourier transform.

4. Conformal Transformations

Conformal transformations, critical points, inverse transformations, transformations involving circular arcs.

5. Asymptotic evaluation of integrals

Asymptotic evaluation of integrals of Laplace type and Fourier type; method of steepest descent.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

O programa contém todos os elementos necessários para atingir os objectivos declarados.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The programme contains all the elements necessary to achieve the declared learning outcomes.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Metodologias de ensino: Aulas teóricas e aulas teórico-práticas.

Avaliação: Dois testes para a avaliação periódica. Exame de recurso.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Teaching methodologies: Theoretical and practical classes.

Assessment: two written tests or final written exam

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As aulas teóricas garantem a aprendizagem das ideias principais da Análise Complexa e da Análise de Fourier. As aulas práticas ajudam a adquirir as técnicas necessárias para a aplicação da teoria à resolução dos problemas práticos.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The theoretical classes guarantee the understanding of the main ideas of the Complex Analysis and of the Fourier Analysis. The practical classes help to develop the techniques needed to apply the theoretical knowledge to resolution of practical problems.

3.3.9. Bibliografia principal:

G. Smirnov, Análise Complexa e Aplicações, Escolar editora, Lisboa, 2003.

G. Smirnov, Curso de Análise Linear, Escolar Editora, Lisboa 2003.

Anexo IV - Electromagnetismo / Electromagnetism

3.3.1. Unidade curricular:

Electromagnetismo / Electromagnetism

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Luís Manuel Gomes Vieira

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

O objectivo fundamental desta unidade curricular é fornecer as ferramentas que permitem compreender as equações de Maxwell: explicar o seu significado físico, os argumentos e passos lógicos que permitem chegar a estas equações e utilizá-las para resolver problemas. Pretende-se que os estudantes apreendam o electromagnetismo como uma teoria unificadora da electricidade, do magnetismo e das ondas electromagnéticas e que sejam capazes de descrever o princípio de funcionamento de alguns aparelhos electromagnéticos.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

The fundamental learning objectives for this course are for students to understand Maxwell's equations: explain their physical meaning, understand the logical steps that lead to them and solve problems involving them. It is intended that students grasp electromagnetism as a unifying theory of electricity, magnetism and electromagnetic waves and are able to describe the working principle of some electromagnetic devices.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Electrostática-Lei de Coulomb. Campo eléctrico, potencial eléctrico e energia de distribuições de cargas estáticas. Circulação do campo. Dipolo eléctrico.

2. Lei de Gauss-Fluxo de um campo electrostático. Lei de Gauss. Condições fronteira em electrostática. Condutores na electrostática. Capacidade e dieléctricos.

3. Corrente eléctrica e circuitos de corrente contínua. - Corrente eléctrica. Lei de Ohm. Efeito Joule. Força electromotriz. Regras de Kirchoff. Circuito RC: carga e descarga do condensador.
4. Magnetostática-Campo magnético. Força de Lorentz. Dipolo magnético. Lei de Biot-Savart. Interação entre dois elementos de corrente. Lei de Ampère na forma integral. Campo magnético no interior de bobinas.
5. Campo electromagnético variável-Lei de indução de Faraday. Regra de Lenz. Corrente de deslocamento e Lei de Maxwell-Ampère. Equações de Maxwell. Indutância e energia magnética. Indução mútua e auto-indução. Oscilações em circuitos LC e RLC. Circuitos de corrente alternada.

3.3.5. Syllabus:

1. *Electrostatics-Coulomb's law. Electric field, electric potential and energy of static charge distributions. Electric field circulation. Electric dipole.*
2. *Gauss' Law-Flux of an electric field. Gauss' law. Boundary conditions in electrostatics. Conductors in electrostatics. Capacity and dielectrics.*
3. *Electric current and direct current circuits-Electric current. Ohm's law. Joule effect. Electromotive force. Kirchoff's rules. RC circuit: charging and discharging a capacitor.*
4. *Magnetostatics-Magnetic field. Lorentz force. Magnetic dipole. Biot and-Savart law. Force between two elements of current. Ampère's law in integral form. Magnetic field of a solenoid.*
5. *Time-dependent electromagnetic fields-Faraday's law of induction in integral form. Lenz's rule. Displacement current and Maxwell-Ampère law. Maxwell's equations in integral form. Inductance and magnetic energy. Mutual induction and self-induction. Oscillations in LC and RLC circuits. Alternating current circuits.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas descrevem-se as experiências e expõem-se os princípios que estão na base do electromagnetismo, expõem-se os passos lógicos que permitem chegar às equações fundamentais do electromagnetismo e dão-se exemplos de aplicação dessas equações. Por vezes fazem-se demonstrações experimentais para ilustrar os fenómenos físicos abordados. Sempre que é necessário realizar um cálculo demorado cujo detalhe não é possível de seguir em tempo útil durante a aula, fornecem-se textos de apoio ou referências específicas da bibliografia onde o cálculo é minuciosamente realizado. Nas aulas TP resolvem-se problemas de aplicação dos assuntos abordados nas aulas T.

A avaliação baseia-se nos seguintes instrumentos:

- resolução de problemas nas aulas TP;
- resolução, fora das aulas, de exercícios ao longo do semestre lectivo;
- 3 testes escritos distribuídos ao longo do semestre lectivo;
- exame de recurso (p/ os alunos que não tenham sucesso na avaliação realizada ao longo do semestre).

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures are used to describe the experiments and set out the principles that form the basis of electromagnetism, to expose the logical steps which bring about the fundamental equations of electromagnetism and to give examples of application of these equations. Sometimes experimental demonstrations are performed to illustrate the addressed physical phenomena. Whenever lengthy calculations are needed, whose detail is not possible to follow during class time, written notes or specific bibliographic references are given where the calculation is carried out thoroughly. Exercises of application of the lectures topics are covered in the problems classes.

The assessment is based on the following instruments:

- Problem solving in problems classes;
- Homework throughout the semester (problem solving);
- Three written tests distributed throughout the semester;
- Written exam (only for students that failed in the assessment carried out throughout the semester).

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the

matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

- A) *Notas do curso 8.02T - Electricity and Magnetism, MIT OpenCourseWare, 2005*
 B) *R. A. Serway and J. Jewett, Physics for Scientists and Engineers, Brooks/Cole.*

Anexo IV - Electrónica / Electronics

3.3.1. Unidade curricular:

Electrónica / Electronics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Júlio Manuel Sousa Barreiros Martins

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

Graça Maria Henriques Minas

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Identificar os componentes eléctricos básicos (R, L, C), explicar o seu comportamento e interpretar as suas características principais.

Aplicar as leis fundamentais da Electricidade para analisar circuitos de corrente contínua simples

Aplicar os teoremas fundamentais para analisar circuitos de corrente contínua simples

Associar fasores à representação no domínio dos tempos de grandezas eléctricas (tensões e correntes) de forma de onda sinusoidal.

Utilizar fasores e o conceito de impedância na análise de circuitos de corrente alternada simples

Calcular a potência eléctrica em corrente alternada

Identificar os componentes electrónicos básicos, e explicar o seu princípio de funcionamento e interpretar as suas especificações mais importantes

Utilizar aparelhos de medida (multímetro, osciloscópio) na medida das principais grandezas eléctricas

Utilizar uma ferramenta de simulação de circuitos eléctricos

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Identify the basic electrical components (R, L, C), explain their behaviour and interpret their main characteristics.

Apply the fundamental laws of Electricity to analyze simple DC circuits.

Apply the fundamental theorems to analyze simple DC circuits.

Use phasors to represent in electrical AC quantities (voltages and currents) of sinusoidal waveform.

Use phasors and the concept of impedance to analyze simple AC circuits.

To compute the AC electrical power.

Identify the basic electronic components, explain their working principle and interpret their most important specifications.

Use measuring instruments (multimeter, oscilloscope) to measure the main electrical quantities

Use a simulation tool for electrical circuits

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1 Representação de Sinais

2 Rudimentos de Electricidade

3 Rudimentos de Magnetismo

4 Circuitos de Corrente Contínua

5 Circuitos de Corrente Alternada

6 Análise de Circuitos RC e RL de 1ª Ordem

7 Componentes de Sistemas Electrónicos

7.1 O Díodo Semicondutor

7.2 O Transistor Bipolar

7.3 O Mosfet

7.4 Outros Componentes Electrónicos Básicos

3.3.5. Syllabus:

1 Signal Representation

2 Fundamentals of Electricity

3 Fundamentals of Magnetism

4 DC Current Circuits

- 5 AC Current Circuits**
- 6 RL and RC first order Circuit Analysis**
- 7 Components of electronic systems**
 - 7.1 The Semiconductor Diode**
 - 7.2 The Bipolar Transistor**
 - 7.3 The Mosfet**
 - 7.4 Other basic electronic components**

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

O programa da componente teórica/teórico-prática começa com uma revisão dos conceitos fundamentais do Electromagnetismo e da análise de circuitos em CC e CA, essenciais para as UCs de “Electrónica” e Complementos de Electrónica e Sistemas Digitais. Segue-se uma introdução aos componentes electrónicos básicos, seu princípio de funcionamento (explicado em termos qualitativos), principais características e limitações, bem como exemplos simples de aplicações. Nas aulas laboratoriais é feita uma introdução aos aparelhos de medida (osciloscópio e multímetro), seguindo-se um conjunto de trabalhos simples de suporte a componente teórica.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit’s intended learning outcomes.

The program begins with an overview of the basic concepts of electromagnetism and circuit analysis (DC and AC), essential for the disciplines of “Electronics” and “Complements of Electronics and Digital Systems”. Then there is an introduction to the basic electronic components, its operating principle, main characteristics and limitations, as well as simple applications examples. In the lab component, an introduction to measuring instruments (oscilloscope and digital multimeter) is made, followed by a set of simple projects that support the theoretical component.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas presenciais obrigatórias (teóricas e teórico-práticas), com recurso a elementos multimédia (apresentações em PowerPoint, filmes, fotografias, etc). Realização de trabalhos laboratoriais em grupo. Método de avaliação: testes em formato electrónico (Blackboard) + exame final (convencional)

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Mandatory classes (theoretical and theoretical-practical), using multimedia elements (PowerPoint presentations, movies, photos, etc). Lab work classes performed in group. Evaluation method: electronic tests (using Blackboard) + final exam (conventional).

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As aulas teóricas de exposição incidem sobre os conteúdos programáticos definidos para a unidade curricular, que por sua vez estão de acordo com os objectivos. As aulas teórico-práticas destinam-se a aplicar os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas. Os trabalhos experimentais a realizar no laboratório consistem em pequenos projectos de suporte componente teórica.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit’s intended learning outcomes.

The theoretical lectures focus on the programmatic content defined for the curricular unit, which in turn is in accordance with the objectives. Theoretical-practical lessons are intended to apply the knowledge acquired in the theoretical lessons. The experimental work to be carried in the lab consists small projects that support the theoretical lessons.

3.3.9. Bibliografia principal:

*Apontamentos da UC/ Course notes
A. P. Malvino, Princípios de Electrónica, vols 1 e 2, Ed. MacGraw-Hill, 2000.
Neil Storey, Electronics - A Systems Approach, Ed. Addison-Wesley, 1998.*

Anexo IV - Laboratório de Electromagnetismo / Laboratory of Electromagnetism

3.3.1. Unidade curricular:

Laboratório de Electromagnetismo / Laboratory of Electromagnetism

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Francisco José Machado de Macedo

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Ilustrar, do ponto de vista da física experimental, os conceitos físicos subjacentes à UC.
Montar e executar experiências para estudar fenómenos de electromagnetismo.
Proporcionar o acesso e utilização de instrumentação avançada, adequada aos trabalhos a realizar.
Organizar e comunicar resultados experimentais. Organizar e apresentar um trabalho científico.
Seleccionar informação relevante da literatura científica e técnica para resolver problemas experimentais.
Analisar e interpretar resultados experimentais com o uso apropriado de métodos estatísticos.
Comunicar informação científica e técnica através de apresentações orais e escritas.
Integrar-se e trabalhar em pequenos grupos.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

*Illustrating from the point of view of experimental physics, the physical concepts underlying the UC.
Mount and perform experiments to study phenomena of Electromagnetism.
Provide access and use of advanced instrumentation, appropriated for the proposed experiments.
Organize and report experimental results. Organize and present a scientific paper.
Select relevant information from scientific and technical literature to solve experimental problems.
Analyze and interpret experimental results using appropriate statistical methods.
Communicate scientific and technical information through oral and written presentations.
Integrate and work in small groups.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Circuito RLC como filtro de frequências. Comportamento transitório de um circuito RLC. Momento dipolar e momento de torção em espiras móveis num campo magnético. Bobinas de Helmholtz. Forças de Laplace e a balança de correntes. Força de Coulomb e observação da linhas de campo em condensadores.

3.3.5. Syllabus:

RLC circuit as a frequency filter. Transient behavior of an RLC circuit. Dipole moment and torsion moment in coils moving in a magnetic field. Helmholtz coils. Laplace forces and the currents balance. Coulomb force and observation of the field lines in capacitors.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Sendo uma UC de carácter experimental, a concretização dos conteúdos programáticos decorre da própria realização dos trabalhos práticos, do tratamento dos dados das experiências e da análise e discussão dos resultados obtidos. A comunicação dos resultados obtidos, em formas comuns no meio científico, é também estimulada, tal como consta do ponto 3.3.4. Assim, a concretização dos objetivos decorre naturalmente da boa gestão dos conteúdos programáticos.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

As an experimental UC, the implementation of the syllabus is a natural consequence of the experimental performance, data processing and analysis, and discussion of results. Reporting the results in a scientific way is also encouraged, as set out in section 3.3.4. Thus, the achievement of the learning outcomes flows naturally from a good management of the syllabus.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas desta UC é proposta aos alunos a execução de uma experiência, antecedida ou não da montagem parcial da mesma. É controlada a execução correcta das experiências propostas sendo, quando necessário, acrescentada informação à que consta dos protocolos. É promovida a autonomia e a capacidade de encontrar soluções perante problemas experimentais. É estimulada a discussão dos resultados obtidos, sendo explorados sempre que possível, os aspectos mais polémicos ou potencialmente incorrectos associados.

1. Componentes da avaliação.

- A. Preparação e execução dos trabalhos.**
- B. Relatórios de três dos trabalhos realizados (em grupo).**
- C. Apresentação oral de um trabalho experimental.**
- D. Prova escrita.**

2. Serão admitidos a exame os alunos que obtenham em A, B e C uma classificação não inferior a 8 val. tendo obtido em D uma classificação inferior a 8 val.

3. Ponderação.

A (10%) B (25%) C (20%) D (45%)

Serão aprovados os estudantes com classificação final maior ou igual a 10 val.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

In this UC classes the students should perform an experimental activity, preceded or not of mounting part of it. The right implementation of the experiments is accompanied, and additional information is transmitted to the students, whenever necessary.

Autonomy is promoted, as well as the ability to find solutions for the problems that might appear. Discussion of the results is stimulated and most controversial or potentially inaccurate aspects are empathized.

1. Components of the evaluation.

A. Preparation and execution of the experiments.

B. Three reports (in groups).

C. An oral presentation of one of the experiments.

D. Written examination.

2. In order to have success, students must obtain at least 8/20 values in A, B and C, and D, being the final mark at least equal to 10/20 values, according to the relative weights.

3. Weighting.

A (10%) B (25%) C (20%) D (45%).

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino propostas apontam todas no sentido da prossecução dos objectivos enunciados. É promovida a autonomia, estimulando-se a discussão construtiva e o rigor na análise dos resultados. Para isto será necessário frequentemente o recurso a métodos matemáticos e computacionais adequados, bem como a selecção de informação, tal como se pretende.

Mesmo a avaliação é pensada para a comunicação, quer oral quer escrita dos resultados e das conclusões dos trabalhos realizados, tal como proposto no ponto 3.3.7.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The proposed teaching methodologies all point towards the achievement of objectives. Autonomy is promoted, by stimulating constructive discussion and rigorous analysis of the results. Moreover, it is often necessary to use appropriate mathematical and computational methods, and selection of scientific information, as intended.

Even assessment is designed to promote communication of the scientific results and conclusions, in oral and written ways, as proposed in section 3.3.7.

3.3.9. Bibliografia principal:

Departamento de Física, Protocolos dos trabalhos práticos e notas suplementares.

Physics Department, Protocols of the experiments and supplementary notes.

J. R. Taylor, An introduction to Error Analysis, University Science Books (1977).

D. W. Preston and E. R. Dietz, The art of Experimental Physics (John Wiley).

R. A. Serway, Physics for Scientists and engineers with modern physics, Saunders College Publishing (1996).

P. R. Bevington and D. K. Robinson, Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences, McGraw-Hill (2003).

M. C. Abreu, L. Matias L. F. Parafita, Física Experimental: Uma Introdução, Editorial Presença (1994).

Anexo IV - Mecânica Quântica / Quantum Mechanics

3.3.1. Unidade curricular:

Mecânica Quântica / Quantum Mechanics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Carlos Viana Gomes

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Saber reconhecer fenómenos não explicáveis usando paradigmas clássicos e compreender a interpretação quântica dos mesmos, familiarizando-se através da discussão de resultados experimentais; discutir criticamente o conjunto de postulados da mecânica quântica e a sua validação experimental.

Calcular efeitos quânticos simples de propagação, interferência e difracção em sistemas 1D, fazendo o contraponto entre estados ligados e de espalhamento (espectros discretos/contínuos), partículas livres e

confinadas por potenciais infinitos e/ou suaves.

Estudar os importantes modelos quânticos do oscilador harmónico (o espectro, as funções de onda e os operadores de escada e sua álgebra) e do átomo de hidrogénio (introduzindo a teoria de momento angular e a ideia de spin). Adquirir competências de cálculo usando a notação de Dirac e entender a sua relação com a representação matricial da mecânica quântica.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

To recognize phenomena that cannot be explained using classic paradigms and to understand their respective quantum interpretation, becoming familiar with them through the discussion of experimental results; to discuss the postulates of quantum mechanics and their experimental validation.

To compute quantum simple effects of propagation, interference and diffraction in 1D problems, highlighting the distinction between bound and scattering states (with discrete/continuous spectra), involving free particles and particles confined by smooth and/or infinite potentials.

To understand the important quantum models of the harmonic oscillator (its spectra, wave functions and the ladder operators and corresponding algebra) and of the hydrogen atom (using this latter example to introduce the theory of angular moment and the spin). To develop computation capabilities using the Dirac notation, understanding its relation with the matrix representation of the quantum mechanics.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1.) Equação de Schrödinger

Interpretação probabilística da função de onda no espaço real e no espaço dos momentos.

2.) Problemas unidimensionais: estados ligados e de espalhamento. Solução de vários problemas unidimensionais, quer determinando estados ligados quer determinando probabilidades de transmissão: poços de potencial rectangulares, potenciais representados funções delta de Dirac, oscilador harmónico.

3.) Formalismo geral da mecânica quântica: Espaços de Hilbert. Operadores Hermíticos e observáveis. A interpretação estatística generalizada. O princípio da incerteza de Heisenberg. Notação de Dirac.

4.) Equação de Schrödinger em duas e três dimensões: Escrita da equação de Schrödinger em coordenadas cilíndricas e esféricas. Momento angular em duas e três dimensões. Solução do oscilador harmónico bidimensional e do átomo de hidrogénio.

5.) Spin e adição de momento angular: Matrizes de Pauli. Sistemas a dois níveis. Adição de dois spins $\frac{1}{2}$ e de um spin $\frac{1}{2}$ com um spin 1.

3.3.5. Syllabus:

1) Schrödinger Equation- Motivation for the equation of Schrödinger using plain waves. Probabilist interpretation of the wave function in real space and in momentum space

2) Unidimensional problems: bound and scattering states - solution of some unidimensional problems, determining the bound states and the transmission probabilities: rectangular potential wells, potentials represented by Dirac delta functions, harmonic oscillator

3) General formalism of quantum mechanics: Hilbert space. Hermitian operators and observables. The generalized statistical interpretation. Heisenberg uncertainty principle. Dirac's notation

4) Schrödinger's equation in two and three dimensions: Schrödinger equation in cylindrical and spherical coordinates. Angular moment in two and three dimensions. Solution of the bidimensional harmonic oscillator and of the hydrogen atom.

5) Spin and the addition of angular moment: Pauli matrices. Systems the two levels. Addition of two spins $\frac{1}{2}$ and one spin $\frac{1}{2}$ with one spin 1

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus of this Curricular Unit where defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Exposição da matéria com recurso à escrita no quadro, intercalando a descrição de resultados experimentais, a dedução e enunciação de resultados teóricos e resolução de alguns problemas exemplares.

Sempre que se ajuizar pertinente, a visualização de diapositivos ou filmes onde se mostram realizações e/ou resultados experimentais.

Para melhor interpretação dos resultados analíticos e dos modelos adoptados ao estudo dos fenómenos, usar-se-á também a projecção de representações gráficas e de simulações computacionais, usando para o efeito software matemático dedicado.

O inoportivo ao estudo aturado da bibliografia recomendada por parte dos alunos e à resolução dos problemas nela propostos ou outros que requeiram a consulta de outros textos e de pesquisa autónoma.

A avaliação desta UC baseia-se média aritmética das classificações obtidas em dois teste e da nota global de um conjunto de 6 fichas de problemas (de resolução individual fora das aulas), propostos ao longo do semestre

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lecturing using primarily the written exposition on the blackboard, intercalating the description of experimental data, the derivation and enunciation of theoretical results and the solution of some exemplary problems. Whenever pertinent, making use of the visualization of transparencies/films with the description of experimental achievements and/or their results and the projection of graphical representations and/or computational simulations, reinforcing the interpretation of the obtained analytical results as well as of the adopted models used on the description of the physical phenomena.

Stimulate the students to the careful study of the recommended bibliography, encouraging them to solve the included exercises or others that require autonomous research. The evaluation of the frequency of this UC is based on the arithmetic mean of the classifications obtained in two exams and of the overall grade obtained on 6 problems sets (homework) proposed throughout the semester.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular. Estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7 reflect the lecturing experience over the years of topics related to the scientific domain of this Curricular Unit. They are in close agreement with the evaluation guidelines of the University of Minho and are coherent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

- A) David J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*, 2ª edição, Person, 2005.
- B) Stephan Gasiorowicz, *Quantum Physics*, 3ª edição, Wiley, 2003.
- C) C. Cohen-Tannoudji, B. Diu e F. Laloë, *Quantum Mechanics Vol 1*, Wiley, Hermann 1977

Anexo IV - Termodinâmica e Física Estatística / Thermodynamics and Statistical Physics

3.3.1. Unidade curricular:

Termodinâmica e Física Estatística / Thermodynamics and Statistical Physics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Bernardo Gonçalves Almeida

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

A UC destina-se a introduzir os conceitos e a desenvolver os conhecimentos em Termodinâmica e em Física Estatística. Ao completarem a UC, pretende-se que os alunos adquiram a capacidade de:

- **Compreender conceitos básicos tais como temperatura, estado, equilíbrio e processo termodinâmico e aplicá-los a problemas experimentais concretos.**
- **Enunciar as leis da termodinâmica e investigar as suas consequências e implicações. Definir o conceito de entropia e conhecer os vários potenciais termodinâmicos.**
- **Aplicar as leis da termodinâmica e realizar cálculos sobre sistemas concretos.**
- **Operar com noções tais como probabilidade, passeio aleatório, distribuições micro-canónica e canónica.**
- **Aplicar noções de física estatística à descrição de gases clássicos.**
- **Combinar noções de física estatística e de estatística quântica para obter as distribuições de Bose-Einstein e Fermi-Dirac e calcular as propriedades térmicas de gases quânticos**

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

The objective of Curricular Unit is to give an introduction to the ideas and concepts in Thermodynamics and Statistical Physics. After completing the UC the students will be able to:

- **Understand basic concepts such as temperature, state, equilibrium and thermodynamic processes as well as the capacity to apply them on experimental problems**
- **Enunciate the thermodynamic laws and investigate their consequences and implications. Define entropy and**

know the different thermodynamic functions.

- *Apply the laws of thermodynamics and perform calculations on real problems*
- *Operate with the notions of probability, random walk, microcanonical distribution and canonical distribution*
- *Apply the concepts of statistical physics to the description of classical gases*
- *Combine the notions of statistical physics and quantum statistics to obtain the Bose- Einstein and Fermi-Dirac distributions and calculate the thermal properties of quantic gases*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- Noções Básicas. Probabilidades, caminho aleatório, distribuição binomial e distribuição normal. Noções de estado, equilíbrio e processo Termodinâmicos. Lei zero da termodinâmica. Temperatura*
- 1ª Lei da Termodinâmica. Trabalho, calor e energia interna. Aplicação a problemas diversos. 1ª lei da termodinâmica. Propriedades de gases ideais*
- 2ª Lei da Termodinâmica. Enunciado da segunda lei. Entropia. Leis de Maxwell e potenciais termodinâmicos. Aplicação a máquinas e refrigeradores*
- Termodinâmica estatística. Descrição estatística de um sistema de partículas. Micro-estados de um sistema isolado, distribuição microcanónica e entropia. Sistema em contacto com um banho térmico e distribuição canónica. Função de partição*
- Aplicações a sistemas simples. Gás ideal e sua função de partição. O teorema da equipartição. Teoria cinética de gases. Paramagnetismo*
- Estatísticas quânticas. Distribuição de Fermi-Dirac e Bose-Einstein. Aplicações ao gás de electrões num metal e à radiação do corpo negro*

3.3.5. Syllabus:

- Basic concepts. Probabilities, random walk, binomial and normal distributions. Concepts of thermodynamic states, processes and equilibrium. The zero law of thermodynamics. Temperature*
- The first law. Work, heat and internal energy. Applications. The first law of thermodynamics. The ideal gas and its properties*
- The second law. The second law of thermodynamics. Entropy. Maxwell relations and thermodynamics functions. Applications to machines and refrigerators*
- Statistical thermodynamics. Statistical description of systems of particles. Microstates of an isolated system, microcanonical distribution and entropy. System in contact with an heat reservoir, canonical distribution. Partition function*
- Simple applications. The ideal gas and its partition function. The equipartition theorem. Kinetic theory of dilute gases in equilibrium. Paramagnetism*
- Quantum statistics. Fermi-Dirac and Bose Einstein distributions. Application to conduction electrons in metals and to the blackbody radiation*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas serão desenvolvidos os conceitos, os modelos e os métodos em Termodinâmica e Física Estatística. Sempre que possível, os valores dos parâmetros dos modelos serão dados ou determinados de modo a compará-los com resultados experimentais relevantes. Nas aulas teórico-práticas será efectuado trabalho em torno de um número pequeno de exercícios (abrangentes na matéria), que serão resolvidos individualmente por cada aluno, com o apoio do professor. Ao longo do semestre, os alunos farão dois grupos de problemas, a entregar em aulas pré-definidas, e duas provas escritas (testes) sobre as matérias leccionadas no período imediatamente anterior a elas. A realização dos testes e dos problemas irão alternando entre si, de modo a conhecer, periodicamente, a evolução de cada aluno. Na avaliação, a média dos 2 grupos de problemas corresponde a 30% da nota final e a média dos 2 testes corresponde a 70%. O exame de recurso substitui os testes para efeitos de cálculo da nota final.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The concepts, the models and the methods in Thermodynamics and Statistical Physics will be developed in the theoretical classes of the Curricular Unit. On the practical sessions a small group of problems will be used in order to work these concepts, by the students, with the help of the teacher. During the semester two homework problem sets and two tests (similar to exams) will be assigned, involving the part of the program lectured before them. The problem sets and tests will alternate along the semester in order to periodically assess the evolution of the students along the UC. The average grade of the problem sets will correspond to 30% of the final grade of the UC while the average of the tests will correspond to 70% of the final grade. If needed, the students will also be able to

do a final exam, performed at the end of the semester, which will substitute the tests on the calculation of the final grade.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

- A) F. Reif, "Fundamentals of statistical and thermal physics", McGraw-Hill, (1987)
- B) M.W. Zemansky e R.H. Dittman, Heat and Thermodynamics , McGraw-Hill, 1997)

Anexo IV - Sistemas de Computação / Computing Systems

3.3.1. Unidade curricular:

Sistemas de Computação / Computing Systems

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Alberto José Gonçalves de Carvalho Proença

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

- 1. Descrever e analisar informação (textos, imagens, números inteiros/reais e instruções de CPU), em diferentes bases de representação numérica.*
- 2. Descrever a estrutura e organização de um sistema de computação, as funcionalidades dos seus componentes e as relações entre os níveis de abstracção.*
- 3. Identificar as características mais relevantes do conjunto de instruções de um CPU e descrever o funcionamento de instruções de um ISA tipo.*
- 4. Analisar e modificar código assembly de um CPU típico gerado por um compilador, incluindo estruturas de controlo/dados e invocação de procedimentos/funcções.*
- 5. Descrever técnicas actuais de realização física ao nível da hierarquia de memória e da execução paralela de instruções, e seu impacto no desempenho do sistema.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

- 1. Describe and analyse information (text, images, integer/real numbers, CPU instructions), using different numerical base representation.*
- 2. Describe the structure and organization of a computing system, the functions of their components and the relations among abstract layers.*
- 3. Identify the most relevant features of a CPU instruction set and describe how a instructions on a typical ISA work.*
- 4. Analyse and modify assembly code from a typical CPU, generated by a compiler, including control and data structures and function/procedure calls.*
- 5. Describe current techniques to design and implement a memory hierarchy and pipelined execution of instructions, and its impact on system performance.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Organização e estrutura de um computador*
O computador; representação da informação (texto, números, imagens e comandos para o processador);
representação binária de inteiros e de valores reais (inc. norma IEEE 754).
Estrutura interna dum computador; execução de instruções; níveis de abstracção; execução de programas num
ambiente laboratorial (x86 em Linux).
- 2. Arquitectura do instruction set*

Estrutura dum instruction set: operações/operandos, acesso a dados, tipos e formatos de instruções, modelo de programação dum processador.

O nível ISA do x86 em Linux: operações aritméticas e acesso a operandos, estruturas de controlo em C, funções/procedimentos.

Análise comparativa RISC versus IA-32.

3. Avaliação do desempenho de computadores

Metodologia de avaliação de desempenho.

Factores da arquitectura dum computador no seu desempenho; ILP e organização em pipeline; organização hierárquica da memória (ênfase na cache); vários núcleos de processamento (core) num mesmo componente.

3.3.5. Syllabus:

1. Structure and organization of a computer

Typical organization of a computer; data representation (text, images, processor instructions); binary representation of integers and real values (inc. IEEE 754 standard). Internal structure of a computer; instruction execution; abstraction levels; program execution in a lab environment(x86 on Linux).

2. The instruction set architecture (ISA)

Structure of an ISA: operations/operands, data access, instruction types and formats, a processor programming model.

The Linux x86 ISA level: arithmetic operations, operands access, control structures in C, functions/procedures.

Comparative analysis: RISC versus IA-32.

3. Performance evaluation

Methodology for performance evaluation.

Factors in the architecture that impacts performance: ILP and pipeline organization; memory hierarchy organization (focus on cache); multiple processing cores into a single device.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A lista de tópicos que foram definidos para o programa curricular segue de perto a lista de competências que um estudante deverá ter adquirido ao realizar com sucesso esta unidade curricular, de acordo com o proposto para esta UC.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The list of the competences a student will develop if he/she succeeds in this curricular unit on parallel computing closely matches the proposed syllabus.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas, de resolução de problemas e laboratoriais.

Métodos de Avaliação: Testes, Trabalhos Práticos e Exame.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Exposition and problem-solving classes, lab sessions.

Assessment methods: Written tests, Lab work and Exam

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os primeiros objectivos de aprendizagem estão relacionados com a aquisição de conceitos básicos, alguns numéricos; as aulas teóricas são adequadas e as aulas de resolução de problemas contribuem para uma melhor compreensão dos mecanismos de conversão de números para binário.

A identificação das características essenciais num instruction set são apresentadas em aulas teóricas, complementadas com sessões de problemas onde os alunos são confrontados com situações concretas para resolução.

A análise de código assembly gerado por um compilador exige não apenas a sistematização das técnicas usuais de compilação para as diversas estruturas de controlo e de dados, apresentadas em aulas teóricas, como ainda o treino em laboratório, em ambiente x86 em Linux, idêntico para todos os estudantes (num servidor central), na análise de pedaços de código C e respectivo código assembly gerado pelo GCC.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The 1st set of learning outcomes is related to the acquisition of basic concepts, some numeric related; exposition classes are adequate and problem-solving classes contribute to a better understanding of the required binary conversion mechanisms.

To identify the key features in an instruction set exposition classes show them and the problem-solving classes complement with concrete cases for the students to solve.

To analyse assembly code generated by a compiler), a student must acquire the basic skills on compiler code generation techniques, given in exposition classes, coupled with lab training, on an x86 Linux system (common to

everyone, on a central server).

3.3.9. Bibliografia principal:

Computer Systems: A Programmer's Perspective (CS:APP), Randal Bryant and David O'Hallaron, Prentice Hall, 2nd Ed., 2010
Computer Organization and Design: the hardware/software interface, D.Patterson, J.Hennessy, Morgan Kaufmann Publishers, 4th Ed., 2008

Anexo IV - Complementos de Electrónica e Sistemas Digitais / Complements of Electronics and Digital Systems

3.3.1. Unidade curricular:

Complementos de Electrónica e Sistemas Digitais / Complements of Electronics and Digital Systems

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Júlio Manuel Sousa Barreiros Martins

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

Paulo Mateus Mendes

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Conhecer alguns conceitos básicos de teoria dos sistemas. Conhecer os principais princípios da transdução, alguns transdutores típicos e suas especificações mais importantes.
Conhecer os principais componentes de sistemas electrónicos (subsistemas electrónicos).
Saber interpretar as especificações mais importantes de alguns subsistemas electrónicos.
Adquirir a capacidade de integrar alguns subsistemas electrónicos.
Compreender as configurações básicas dos amplificadores.
Utilizar e projectar circuitos simples com amplificadores operacionais.
Usar e aplicar sensores com destaque para os ópticos, ultra-sons, LVDT e temperatura.
Manipular e configurar equipamento relacionado com a absorção óptica e fluorescência.
Desenhar e simular circuitos no Spice do CAD da Tanner Tools. Executar trabalhos laboratoriais sobre sistemas e aquisição de dados e introdução ao LabView da National Instruments.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Learn about some basic concepts of systems theory. Know the main principles of transduction, some typical transducers and their main specifications.
Learn about the major components of electronic systems (electronic subsystems).
Learn to interpret the most important specifications of some electronic subsystems.
Acquire the ability to integrate some electronic subsystems.
Understand the basic amplifier configurations.
To use and design simple circuits with operational amplifiers.
Use and apply optical, ultrasonic, LVDT and temperature sensors (among others).
Manipulate and setup equipment related to optical absorption and fluorescence.
Design and simulate circuits on Spice (from CAD Tanner Tools).
Perform lab work on data acquisition systems and on an overview of LabView from National Instruments.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1 O Sistema
1.2 Conceito de "Caixa Preta"
1.3 Tipos de Sistemas
1.4 Características de Sistemas
2 Transdutores
2.1 Introdução
2.2 Características de Transdutores
2.3 Alguns Transdutores Típicos Princípios de Funcionamento e suas Especificações mais Importantes
3 Componentes de Sistemas Electrónicos
3.3 Amplificadores
3.3.1 Introdução (conceito de amplificação)
3.3.2 Especificações
3.3.3 O Amplificador Operacional – Blocos Básicos
3.4 Componentes Digitais
3.4.1 Conceitos Básicos
3.4.2 Circuitos Combinacionais

- 3.4.3 Circuitos Sequenciais
- 3.4.4 Famílias Lógicas
- 3.5 Outros Componentes e Subsistemas
- 3.5.1 Conversores analógico ↔ digital
- 3.5.2 Multiplexers

3.3.5. Syllabus:

- 1 The system
- 1.2 The concept of "black box"
- 1.3 Types of systems
- 1.4 Systems Characteristics
- 2 Transducers
- 2.1 Introduction
- 2.2 Transducers Characteristics
- 2.3 Operating principles of typical transducers and their main specifications
- 3 Electronic Systems components
- 3.3 Amplifiers
- 3.3.1 Introduction (the concept of amplification)
- 3.3.2 Specifications
- 3.3.3 the operational amplifier – basic blocks
- 3.4 Digital Components
- 3.4.1 Basic concepts
- 3.4.2 Combinacionais Circuits
- 3.4.3 Sequential Circuits
- 3.4.4 Logic families
- 3.5 Other components and subsystems
- 3.5.1 Analog to Digital Converters
- 3.5.2 Multiplexers

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Devido ao advento da integração em larga escala, a abordagem recorrendo a caixas pretas é cada vez mais importante, mesmo no ensino mais especializado. Os sistemas são cada vez mais complexos e a disponibilidade de subsistemas "empacotados" em circuitos integrados (CIs) aumenta todos os dias. A capacidade para utilizar uma caixa preta tem mais a ver com a compreensão das especificações do seu desempenho, do que do detalhe dos circuitos envolvidos.

O programa da componente teórica começa com uma breve referência ao conceito de "sistema", tipos de sistemas e características de sistemas, já que toda a UC é leccionada segundo uma perspectiva sistémica da electrónica: são introduzidos os principais blocos funcionais (electrónicos), suas principais características e limitações; o detalhe teórico relativo à explicação do funcionamento de cada bloco funcional é reduzido ao mínimo indispensável para a compreensão das suas especificações/limitações.

Segue-se o estudo dos principais componentes (subsistemas) de sistemas electrónicos: transdutores, amplificadores, componentes digitais, outros componentes electrónicos.

Na abordagem dos amplificadores (o mais importante de todos os blocos electrónicos), as principais aplicações (lineares e não-lineares) do amplificador operacional, servem de pretexto para introduzir alguns dos blocos de processamento electrónico de informação mais importantes.

As aulas de laboratórios consistem num conjunto de pequenos projectos de suporte à componente teórica.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Due to the advent of large-scale integration, system approach using black boxes is increasingly important. The systems are increasingly complex and the availability of subsystems "packaged" in integrated circuits (ICs) increases every day. The ability to use a black box has more to do with understanding its specifications and performance, rather than the detail of the circuits involved in its implementation.

The program of the theoretical component begins with a brief reference to the concept of "system", types of systems and systems characteristics, since the entire discipline is taught according to a systemic perspective of electronics: the main functional blocks (electronic) are introduced, with its main features and limitations; the theoretical detail concerning the explanation of the operation of each functional block is reduced to the minimum required for an understanding of its specifications/limitations.

Next, the major components (subsistemas) of electronic systems are studied: transducers, amplifiers, digital components, other electronic components.

In the approach of the amplifiers theme, the main applications (linear and nonlinear) of the operational amplifier are used to introduce some of the most important blocks for electronic information processing.

The laboratory classes consist of a set of small projects to support theoretical component.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas presenciais obrigatórias (teóricas e teórico-práticas), com recurso a elementos multimédia (apresentações

*em PowerPoint, filmes, fotografias, etc). Realização de trabalhos laboratoriais em grupo.
Método de avaliação: testes em formato electrónico (Blackboard) + exame final (convencional)*

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*Mandatory classes (theoretical and theoretical-practical), using multimedia elements (PowerPoint presentations, movies, photos, etc). Lab work classes performed in group.
Evaluation method: electronic tests (using Blackboard) + final exam (conventional).*

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As aulas teóricas de exposição incidem sobre os conteúdos programáticos definidos para a unidade curricular, que por sua vez estão de acordo com os objectivos. Os trabalhos experimentais a realizar no laboratório consistem em pequenos projectos de suporte componente teórica.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The theoretical lectures focus on the programmatic content defined for the curricular unit, which in turn is in accordance with the objectives. The experimental work to be carried in the lab consists of small projects that support the theoretical lessons.

3.3.9. Bibliografia principal:

1. *Apontamentos da UC / Course notes*
2. *Guias dos trabalhos práticos / Lab work guides;*
3. *A. Malvino, Princípios de Electrónica, vol.s 1 e 2, Ed. MacGraw-Hill, 2000;*
4. *Sedra / Smith, Microelectronic Circuits, Ed. Oxford University Press, 1998;*
5. *Millman / Halkias, Integrated Electronics, Ed. MacGraw-Hill, 1987;*
6. *Electronics: A Systems Approach, Neil Storey, Ed. Addison-Wesley, 1998*

Anexo IV - Física Computacional para Engenheiros / Computational Physics for Engineers

3.3.1. Unidade curricular:

Física Computacional para Engenheiros / Computational Physics for Engineers

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Luís Silvino Alves Marques

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Utilizar software (Matlab, Mathematica) e linguagens de programação clássicas (Fortran, C++) em ambiente de trabalho em física computacional.
Aplicar os conceitos de precisão, exactidão e instabilidade numérica a problemas de álgebra linear computacional.
Identificar e aplicar os algoritmos mais adequados para resolução de sistemas de equações diferenciais.
Descrever as características principais dos métodos de Monte Carlo e identificar problemas físicos nos quais estes métodos sejam especialmente adequados. Relacionar integração e simulação de Monte Carlo.
Descrever os rudimentos dos algoritmos de geração de números aleatórios e aplicar correctamente o método da transformação para distribuições arbitrárias.
Descrever os fundamentos do método da dinâmica molecular.
Aplicar as estratégias de paralelismo de dados e funcional na paralelização de um problema computacional.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

*Use numerical software packages (Matlab, Mathematica) and classical programming languages (Fortran90, C++) for solving computational physics problems.
Apply the concepts of precision, accuracy and numerical instability to computational problems.
Identifies and applies the proper algorithms to solve differential equations.
Describe the algorithms for random number generation and the main characteristics of Monte Carlo Methods and identify the problems for which this method is adequate. Relate integration and Monte Carlo simulation.
Describe the main characteristics of Molecular Dynamics methods.
Apply the concepts of data and functional parallelism to parallelization of a existent model.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Introdução à Física computacional. Métodos numéricos básicos.

Simulação estocástica.

Equações diferenciais ordinárias (EDO).

Equações diferenciais parciais (EDP).

Dinâmica molecular

Programação paralela.

3.3.5. Syllabus:

Introduction to computational physics. Basic numerical methods.

Stochastic simulation.

Ordinary differential equations (ODE).

Partial differential equations (PDE).

Molecular Dynamics.

Parallel programming.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos da unidade curricular apresentados.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives Curricular Unit presented.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A avaliação decorre em duas etapas:

- 1) **Resolução de exercícios propostos, um por cada tópico do programa.**
- 2) **Desenvolvimento de um projecto**

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Assessment consists in:

- 1) **Problem solving, one for each topic.**
- 2) **Development of computational physics project.**

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino, envolvendo aulas teóricas, trabalho laboratorial, trabalho em grupo e apresentações orais, permitem que os formandos se familiarizem com as várias técnicas numéricas e métodos computacionais. Permitem também que os formandos aumentem o seu potencial de comunicação em público e de intercâmbio em equipas de trabalho.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies, involving lectures, laboratory work, group work and oral presentations will allow the students to familiarize themselves with the various numerical techniques and computational methods. These methodologies also allow the trainees to increase their potential for public communication and exchange when integrated in work teams.

3.3.9. Bibliografia principal:

A) R.H. Landau e M.J. Páez, Computational Physics, Wiley, 1997

B) H. Gould, J. Tobochnik, W. Christian, An Introduction to Computer Simulation Methods, Addison Wesley, 2007

Anexo IV - Tópicos Avançados de Electromagnetismo / Advanced Topics of Electromagnetism

3.3.1. Unidade curricular:

Tópicos Avançados de Electromagnetismo / Advanced Topics of Electromagnetism

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Carlos Viana Gomes

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Nesta UC pretende-se aprofundar o nível de conhecimento de Electromagnetismo assim como introduzir novos tópicos e técnicas de cálculo. Os alunos deverão ser capazes de calcular campos e potenciais eléctricos e energia electrostática de distribuições contínuas de carga assim como o campo magnético e força de Lorentz devido a correntes em condutores em geometrias não triviais; compreender o problema associado à continuidade do campo eléctrico em interfaces dieléctricas; usar técnicas de cálculo para solução das equações de Poisson e Laplace; saber usar o método das imagens e técnicas que fazem uso de expansões multipolares; compreender o conceito de potencial vector e transformações de calibre, o efeito do campo magnéticos na matéria, a lei de Ampère-Maxwell e as Equações de Maxwell na formulação diferencial; saber deduzir a equação de onda e interpretar o Teorema de Poynting; compreender o magnetismo como um fenómeno relativista e noções básicas de radiação.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

This UC is intended to deepen the level of knowledge of Electromagnetism as well as introducing new computation techniques. The students will have to be capable to calculate the electric field and potential and the electrostatic energy of continuous charge distributions as well as the magnetic field and the Lorentz force due the electric currents in non trivial geometries; to understand the problem associated with the electric field continuity in dielectric interfaces; to use computation techniques to tackle the Poisson and Laplace equations; to know how to use the method of the images and multipolar expansion techniques; to understand the concept of potential vector and gauge transformations, the effect of magnetic fields in matter, the Ampère-Maxwell law and the Maxwell equations in the differential form; to know to derive the wave equation and to interpret the Poynting theorem; to understand the magnetism as relativistic phenomena and the basic concepts of the theory of radiation.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

*1-Campos estáticos gerados por distribuições contínuas de carga na formulação integral: exemplos não triviais da lei de Coulomb, potencial eléctrico, energia electrostática, Lei de Biot-Savart e força de Lorentz.
2-Electrostática: formulação diferencial e técnicas especiais de cálculo. Divergência e rotacional de um campo electrostático; Lei de Gauss na forma diferencial; Dieléctricos e continuidade; Equações de Poisson e Laplace: soluções a 1, 2 e 3 dimensões; Método das imagens; Expansão multipolar
3-Magnetostática: formulação diferencial - Divergência e rotacional de um campo magnetostático; Lei de Ampère na forma diferencial; Potencial vector; Energia de um campo magnetostático; Campos magnéticos na matéria
4-Electrodinâmica e radiação - Corrente de deslocamento: lei de Ampère-Maxwell; Equações de Maxwell e Ondas electromagnéticas; Teorema de Poynting; Pressão da radiação; Transformações de calibre; Guias de Ondas; Potencial de Liénard-Wiechert; Electrodinâmica relativista; Formula de Larmor e radiação*

3.3.5. Syllabus:

*1-Static fields generated by continuous charge distributions in the integral form: non trivial examples on Coulomb law, electric potential, electrostatic energy, Biot-Savart law and Lorentz force.
2-Electrostatic: differential form and special techniques of computation. The divergence and the rotational of an electrostatic field; Gauss law in the differential form; Dielectrics and continuity; Poisson and Laplace equations: solutions in 1, 2 and 3 dimensions; Multipolar expansion.
3-Magnetostatic: differential form. The divergence and rotational of a magnetostatic field; Ampère law in the differential form; Potential vector; Energy of a magnetostatic field; Magnetic fields in the matter
4-Electrodynamics and radiation. Displacement current and Maxwell-Ampère law; Maxwell equations and electromagnetic waves; Poynting theorem; Radiation pressure; Gauge transformations; Waves guides; Liénard-Wiechert potential; Relativistic Electrodynamics. Larmor formula and radiation*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus of this Curricular Unit where defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Exposição da matéria com recurso à escrita no quadro, intercalando a descrição de resultados experimentais, a dedução e enunciação de resultados teóricos e resolução de alguns problemas exemplares. Sempre que se ajuizar pertinente, a visualização de diapositivos ou filmes onde se mostram realizações e/ou resultados experimentais. Para melhor interpretação dos resultados analíticos e dos modelos adoptados ao estudo dos fenómenos, usar-se-á também a projecção de representações gráficas e de simulações computacionais, usando para o efeito software matemático dedicado. O incentivo ao estudo aturado da bibliografia recomendada por parte dos alunos e à resolução dos problemas nela propostos ou outros que requeiram a consulta de outros textos e de pesquisa autónoma.

A avaliação desta UC baseia-se média aritmética das classificações obtidas em dois testes e da nota global de um conjunto de 6 fichas de problemas (de resolução individual fora das aulas), propostos ao longo do semestre

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lecturing using primarily the written exposition on the blackboard, intercalating the description of experimental data, the derivation and enunciation of theoretical results and the solution of some exemplary problems. Whenever pertinent, making use of the visualization of transparencies/films with the description of experimental achievements and/or their results and the projection of graphical representations and/or computational simulations, reinforcing the interpretation of the obtained analytical results as well as of the adopted models used on the description of the physical phenomena.

Stimulate the students to the careful study of the recommended bibliography, encouraging them to solve the included exercises or others that require autonomous research.

The evaluation of the frequency of this UC is based on the arithmetic mean of the classifications obtained in two exams and of the overall grade obtained on 6 problems sets (homework) proposed throughout the semester.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular. Estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7 reflect the lecturing experience over the years of topics related to the scientific domain of this Curricular Unit. They are in close agreement with the evaluation guidelines of the University of Minho and are coherent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

A) Introduction to electrodynamics, David Jeffery Griffiths, 3rd ed., Addison Wesley, 1999

B) Electricity and Magnetism (Berkeley Physics Course, Vol. 2), Edward M. Purcell

Anexo IV - Microcontroladores e Interfaces / Microcontrollers and Interfaces

3.3.1. Unidade curricular:

Microcontroladores e Interfaces / Microcontrollers and Interfaces

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Paulo Mateus Mendes

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Esta UC tem por objectivo a formação para o projecto, desenvolvimento e caracterização de sistemas de instrumentação baseados em microcontroladores com especificações complexas. Após conclusão deste curso o aluno deve ser capaz de:

- a) Descrever os parâmetros de um sistema de aquisição baseado em microcontrolador que condicionam o seu desempenho;**
- b) Compreender e descrever os factores externos ao sistema de aquisição que limitam o seu desempenho;**
- c) Reconhecer, interpretar e explicar os diversos sistemas constituintes de um sistema de instrumentação avançado controlado por um microcontrolador;**
- d) Especificar, implementar e caracterizar sistemas de instrumentação autónomos (hardware e software), utilizando diferentes abordagens de projecto;**
- e) Planear e implementar uma rede de sensores;**

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

This curricular unit aims to provide training on project, development, and characterization of complex instrumentation systems based on microcontrollers. After approval, the student is expected to:

- a) Describe the relevant system parameters when designing instrumentation supported by microcontrollers;**
- b) Understand and describe the system external parameters that limit the acquisition system performance;**
- c) To recognize, interpret and explain the main sub-systems of an advanced instrumentation systems based on microcontrollers;**

- d) *To specify, implement, and characterize autonomous instrumentation systems (hardware and software);*
- e) *To plan and deploy a sensor network;*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1 - *Aquisição e condicionamento de sinais: ganho, ruído, interferência, largura de banda, isolamento, adaptação de impedâncias, relação sinal ruído, filtragem, multiplexagem.*
- 2 - *Microcontroladores: introdução, arquitecturas, periféricos, interface com sensores, comunicações, memória, registos, interrupções, timers.*
- 3 - *Programação de microcontroladores: linguagens de alto nível e baixo nível, programação Assembly, ambientes de desenvolvimento para microcontroladores.*
- 4 - *Transmissão de dados: meios de transmissão, sistemas modulação, codificação, controlo de erros.*
- 5 - *Redes de sensores sem fios: topologias de rede, standards (Bluetooth, ZigBee, IEEE 811.x, UWB), protocolos.*
- 6 - *Projecto de sistemas de instrumentação com base em microcontroladores:, prototipagem e caracterização de sistemas de aquisição, sensores e materiais inteligentes.*
- 7 - *Aplicações: indústria, ambiente, saúde, espacial, civil.*

3.3.5. Syllabus:

- 1 - *Signal acquisition and conditioning: gain, noise, interference, bandwidth, isolation, impedance matching, noise to signal ratio, filtering, multiplexing.*
- 2 - *Microcontrollers: introduction, architectures, peripherals, interfaces with sensors, communications, memory, registries, interrupts, timers.*
- 3 - *Microcontrollers programming: high and low-level programming languages, Assembly, development frameworks for microcontrollers.*
- 4 - *Data transmission: transmission media, signal modulation, codification, error control.*
- 5 - *Wireless sensor networks: network topology, standards and protocols (Bluetooth, ZigBee, IEEE 811.x, UWB).*
- 6 - *Microcontrollers' instrumentation systems design: prototyping and characterization of acquisition systems, smart sensors and materials.*
- 7 - *Applications: industry, environmental, health, spatial, civil.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

O projecto e desenvolvimento de um sistema de instrumentação que recolhe informação de diversos instrumentos (sensores e/ou actuadores) com capacidade de operar em rede envolve a aprendizagem de diferentes conceitos, que podem ser aglutinados em dois grupos: hardware e software.

Antes de projectar qualquer sistema para ler ou controlar sinais, é necessário dominar os parâmetros relevantes aquando da aquisição e acondicionamento de um sinal (quais os parâmetros relevantes, tanto para o sinal de interesse, como para potenciais sinais indesejados). A secção 1 dos conteúdos aborda esta problemática. Uma vez compreendidos os sinais e seu processo de aquisição, ao nível do hardware, é necessário desenvolver a capacidade de seleccionar o microcontrolador que irá actuar como núcleo de todo o sistema. Isto implica o conhecimento do que é um microcontrolador, da sua arquitectura, e dos periféricos que possui internamente e que suporta externamente. A secção 2 será dedicada à obtenção destas competências. Como se espera que cada sistema opere em colaboração com outro sistema, é necessário conhecer as opções que existem para a transmissão de sinais entre sistemas, quais as possibilidades e limitações. A secção 4 abordará esta temática. Uma vez compreendidos os sistemas de comunicação elementares, é expectável que esses sistemas possam operar em rede, o que nos leva à necessidade da secção 5. Sendo o núcleo um microcontrolador, é necessário proceder à sua programação para cada solução específica. Para esse efeito existem várias metodologias e linguagens, que serão exploradas na secção 3.

A secção 7 pretende dotar o aluno de ferramentas e metodologias que lhe permitam passar de uma prototipagem rudimentar do sistema ao desenho de um sistema em placas de circuito impresso, com todas as implicações associadas a esse processo (e.g., escolha de materiais, componentes, e ferramentas de desenho).

Finalmente temos a secção 7 que expõe o aluno a diversos cenários de aplicação real, o que permite perceber quais as necessidades e limitações existentes em aplicações reais, contribuindo para uma melhor percepção dos requisitos de projecto de sistema baseados em microcontroladores.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Project and development of instrumentation systems to collect data from diverse instruments (sensors and/or actuators) with the ability to operate networked, involves learning several complex concepts, which may be grouped as: hardware and software.

Moreover, before starting the design of any systems aiming to read or control any signal, its required to understand the relevant parameters when doing signal acquisition and conditioning (what are the relevant parameters, both for signal of interest as well for and unwanted signal). Section 1 of syllabus deals with these aspects. Once signals, as well as acquisition steps are understood, at the hardware level, it is required to develop the ability to select the microcontroller that will become the system core. This requires to know what is a microcontroller, its architecture, and what peripherals are supported, internally and externally. Such competences are developed on section 2. Since it is expected that systems interchange data, section 4 will deal with the available options for signal transmission, as well as limiting factors. After learning how to set a basic communication between different systems, and since it

is expected that such systems has the ability to work as a network, section 5 will be teaching the networking solutions and problems.

Besides dealing with all the hardware design steps, since such system on a microcontroller, it requires specific programming techniques and tools. That will be addressed on section 3.

Section 7 aims to provide the student with tools and techniques that allows him to go from rudimentary system prototyping to advanced prototyping on printed circuit boards, with all the implication, such as materials, components, and tools selection.

Finally we arrive at section 7, which exposed the student to several real application scenarios, contributing to a better perception of constraints and needs of real systems based on microcontrollers. This should contribute to better skills on complex system design, based on previous knowledge about previous real systems and scenarios.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas (2h/semana) + Aulas Laboratoriais (2h/semana).

As aulas laboratoriais serão utilizadas para o desenvolvimento e implementação de um sistema de instrumentação baseado em microcontrolador.

Métodos de Avaliação:

1. Avaliação periódica (2 exames) ou exame final: 50%;

2. Trabalho prático: 50%.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Laboratorial lectures will be used to design and implement an instrumentation system based on a microcontroller.

Theoretical lectures (2h/week) + Lab (2h/week).

Grading:

1. Periodical (2 exams) or final exam: 50%;

2. Laboratorial work: 50%.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Patrick H. Garrett, Advanced Instrumentation and Computer I/O Design: Real-Time Computer Interactive Engineering, Wiley-IEEE Press, January 2000.

- Robert B. Northrop, Introduction to Instrumentation and Measurements, Second Edition, CRC press, 2005

- H.W.Ott, Noise Reduction Technique in Electronic Systems, J Wiley, 1988

- Jon S. Wilson, Sensor Technology Handbook, Newnes, December 22, 2004.

- Tony Fischer-Cripps, Newnes Interfacing Companion, Newnes, December 20, 2002.

- Microcontroladores PIC, <http://www.mikroelektronika.co.yu/portuguese/product/books/picbook/00.htm>.

- S. Sumathi, P. Surekha, LabVIEW based Advanced Instrumentation Systems, Springer; 1 edition, April, 2007.

- Edgar H. Callaway, Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols, CRC Press 2004

- Anna Hać, Wireless Sensor Network Designs, John Wiley & Sons Ltd, 2003.

- C. S. Raghavendra, Krishna M. Sivalingam, Taieb F. Znati, Wireless Sensor Networks, Kluwer Academic Publishers, 2004.

Anexo IV - Processamento de Sinal / Signal Processing

3.3.1. Unidade curricular:

Processamento de Sinal / Signal Processing

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Carlos Manuel Gregório Santos Lima

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

--

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Esta disciplina deve fornecer ao estudante os conceitos necessários a:

- a) associar a um mecanismo físico a sua representação em termos de sinal;*
- b) identificar distúrbios, bem como a sua natureza;*
- c) compreender as limitações da representação digital de um sinal de natureza analógica;*
- d) representar sinais digitais no domínio das frequências;*
- e) atenuar interferências relacionadas com condições deficientes de aquisição especialmente através do uso de filtros digitais;*
- f) modelar a realização de eventos de natureza aleatória;*
- g) Compreender a limitação do controlo das perturbações de natureza aleatória em sinais determinísticos e aleatórios.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

After the conclusion of the course unit the student should be able to:

- a) reading physical mechanisms from signal representation;*
- b) identify disturbances and the related nature;*
- c) understand the main limitations concerning to digital representation of continuous time signals;*
- d) represent digital signals in the frequency domain;*
- e) attenuate signal disturbances due to inappropriate signal acquisition specially by digital filtering;*
- f) modelling events of random nature;*
- g) understanding the difficulty in dealing with disturbances of random nature in both deterministic and random processes.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Sinais e Sistemas: Sinais contínuos e discretos no tempo; Resposta de sistemas a sinais.*
- 2. Sistemas Lineares e Invariantes no tempo: Representação de sinais em termos de impulsos; Sistemas LTI discretos - A convolução.*
- 3. Análise de Fourier de sinais e sistemas contínuos no tempo. Resposta de sistemas LTI à exponencial complexa. A série e transformada de Fourier.*
- 4. Análise de Fourier de sinais e sistemas discretos no tempo: Resposta de sistemas discretos LTI à exponencial complexa; Representação de sinais periódicos. A série e transformada de Fourier em tempo discreto;*
- 5. Amostragem: O teorema da amostragem; Reconstrução de um sinal através das suas amostras; O efeito da subamostragem: Aliasing; Processamento de sinais contínuos no domínio discreto.*
- 6. Transformada Z: Região de convergência da transformada de Z; Transformada inversa de Z; Propriedades da transformada de Z; Análise de sistemas LTI usando a transformada de Z;*
- 7. Sinais aleatórios e ruído.*

3.3.5. Syllabus:

- 1. Signals and Systems: Continuous-time and discrete-time signals; System responses to signals.*
- 2. Linear Time Invariant Systems: representation by impulses; -time Linear Invariant Systems - The Convolution.*
- 3. Fourier Analysis of Continuous-time Signals and Systems: LTI systems response to the complex exponential; Fourier series and Fourier Transform.*
- 4. Fourier Analysis of Discrete-time Signals and Systems: Discrete LTI systems response to the complex exponential; Representation of periodic signals. The Discrete-time Fourier series; Representation of discrete-time non-periodic signals.*
- 5. Sampling: Representation of a continuous signal by its samples. The sampling theorem; Signal reconstruction by its samples; The undersampling effect: Aliasing; Discrete-time processing of continuous signals.*
- 6. Z Transform: Region of convergence of the Z transform; Inverse Z transform; Properties of the Z transform; LTI systems and the Z transform;*
- 7. Random signals and noise.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A grande maioria dos objectivos desta unidade curricular requer um conhecimento profundo da representação de sinais no domínio do tempo e da frequência. Certo tipo de interferências, não necessariamente destrutivas, são muito mais visíveis e por isso melhor caracterizáveis no domínio da frequência que no domínio do tempo. A caracterização da resposta de sistemas lineares e invariantes no tempo é também muito importante dado que na grande maioria dos casos o objectivo é projectar um sistema que altere de modo predeterminado as características de um sinal, como por exemplo atenuar diversos tipos de ruídos ou pura e simplesmente realçar certas características dos sinais que tendem a ser atenuadas pelo efeito de diversos tipos de ruído, ou ainda retirar o efeito de processos conhecidos como seja por exemplo o efeito do ruído das fontes de alimentação que alimentam as partes sensoriais. Claramente os objectivos dos capítulos 1, 2, 3, 4 e 6 estão neste domínio da caracterização de sinais e sistemas nos domínios do tempo e frequência. De salientar a ligação entre sistemas contínuos e discretos

que permite uma compreensão profunda dos fenómenos favorecendo uma aprendizagem eficiente ao nível das bases científicas. A bibliografia usada neste domínio é uma das mais reputadas a nível mundial e seguida nas universidades com mais reputação a nível mundial.

No entanto a eficiência do processamento de sinal em computador está muito limitada pela eficiência do processo de discretização de um sinal. Muito importante neste contexto é o facto de um amostrador prático não seguir o modelo teórico e precisar por isso de ser modelado correctamente para se ter uma ideia das suas limitações. Além disso tipicamente a amostragem de um sinal requer tipicamente filtragem passa-baixo o que significa perda de alguma informação que não mais pode ser recuperada. É por isso necessário controlar estas perdas que dependem das características dos próprios sinais. A compreensão completa dos fenómenos envolvidos na discretização de um sinal aparece no objectivo c) e é profundamente contemplada no capítulo 5 que pertence também à bibliografia descrita acima. Finalmente, quer as perturbações geradas em sistemas físicos, quer em muitos casos os sinais lidos são tipicamente de natureza aleatória o que dificulta a sua análise quer no domínio temporal quer no domínio das frequências. É preciso estar muito ciente deste facto e das limitações daí decorrentes. Os objectivos de aprendizagem relativamente a este aspecto estão identificados como f) e g) sendo completamente absorvidos no capítulo 7 dos conteúdos programáticos.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Most part of the learning outcomes related with this curricular unit requires a deep knowledge of the signals representation in both the time and frequency domains. Certain interferences, not necessarily destructive, are more evident and perhaps better characterized in the frequency domain than in the time domain. Characterization of linear invariant time systems is also very important since usually the main objective regarding system synthesis is to develop a system that modifies in a predefined manner the characteristics of a signal, such as noise attenuation or enhancement of certain characteristics that are attenuated by noise effects, or attenuating the effect of known processes such as power line interferences. Clearly the objectives of chapters 1, 2, 3, 4 and 6 are in the scope of signals and systems characterization in both the time and frequency domains. The proposed bibliographic reference allows a strong connection between continuous and discrete signals and systems, which permits a deep comprehension of the evolved phenomenon's providing an efficient learning at the scientific bases level. This bibliography is one of the most reputed in this field around the world.

However the efficiency of signal processing through the use of computer is limited by the efficiency of the discretization process. The fact that the practical and ideal sampler have deep differences requires a carefully analysis of the real sampler known as Analog to Digital converter. Additionally sampling usually requires low pass filtering which degrades a continuous signal and this information can not be recovered. Therefore these losses must be controlled and are dependent on the signal nature and characteristics. Understanding the phenomenon's involved in signal discretization appears in learning outcome c) and is deeply discussed in chapter 5 that also belongs the above referred bibliography. Finally, disturbances generated in practical systems as well as reading signals are typically of random nature which difficult its analysis in both the time and frequency domain. It is important to be conscious about this fact and also about the limitations from that. Learning outcomes regarding this subject are identified as f) and g) and make part of chapter 7 of the syllabus.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino é composta por aulas de exposição de matéria ou teóricas, aulas de resolução de exercícios e resolução de problemas práticos usando a ferramenta Matlab. Em cada aula teórica serão propostos exercícios para resolução em casa com o objectivo de repensar o material da aula e também de preparar a seguinte aula teórico-prática. Esta metodologia consegue envolver mais o aluno com as matérias e de forma mais contínua melhorando significativamente o seu desempenho. A avaliação é composta por 3 testes escritos e pela resolução dos problemas propostos. Estes valem até 4 valores em 20 e estão sujeitos a um mínimo de 2,5 valores em pelo menos 75% dos trabalhos efectuados. Quem não atingir pelo menos 2,5 valores em 4 ou não entregar pelo menos 75% dos trabalhos falha esta componente de avaliação reprovando à disciplina mas ficando contudo admitido a exame final. A obtenção de aproveitamento à disciplina requer que a soma das duas componentes atinja os 10 valores.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Teaching methodologies include lectures, tutorials and practical examples by using the signal processing tool Matlab. In each lecture some exercises will be proposed in order to "rethink" the lecture materials and also to prepare next tutorial session. This methodology helps students to follow in a continuous way the subjects improving significantly their performance. The evaluation has two components: resolution of the exercises proposed in lecture sessions and written tests. Resolution of exercises has a weight of 4 in 20 and has a minimum of 2,5 in 4. The student is required to solve 75% of the proposed exercises otherwise this component fails and the student do not pass the course, however he will be accepted for final exam. The test component has 3 written tests. Passing the curricular unit requires a mark of 10 summing up the average of the 3 tests (evaluated to 16) and the resolution of exercises component.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os objectivos desta disciplina são no geral compostos por um conjunto de conceitos que devem ser interligados de forma consistente para fornecerem ao estudante capacidade de análise suficiente para extrapolar estes

conceitos para a maioria dos sinais e sistemas existentes na prática. Conceitos e interligação de conceitos têm que ser explicados, exemplificados e na maior parte dos casos experimentados. Estas 3 componentes; explicação, exemplificação e experimentação parecem metodologicamente apropriados ao método de ensino mais clássico composto por sessões teóricas, teórico-práticas e experimentais. A inversão desta abordagem, caracterizada por aprendizagem com base em experimentação não parece adequada a este tipo de disciplina pelo facto de se partir de uma necessidade prática, por exemplo ao nível do projecto de sistemas, e sem conhecimentos teóricos que forneçam os conceitos que levam ao projecto de um sistema nunca se poderá este projectar convenientemente. Mesmo que se obtivesse por via experimental e segundo um certo processo intuitivo um sistema com comportamento adequado nunca se saberia, sem passar por um nº infinito de hipóteses experimentais, o que seria virtualmente impossível, se esse seria de facto o sistema óptimo ou seja o melhor sistema que permitisse cumprir os requisitos. Não haveria além disso nenhuma garantia que se estaria a convergir para o sistema correcto pois não existia nenhum “guia” que suportasse os resultados da experimentação. Dado então os requisitos desta disciplina, maioritariamente baseados em conceitos matemáticos, interligação de conceitos e metodologias de síntese com base em modelos que funcionam relativamente bem na maioria das aplicações práticas o método de ensino clássico, quando correctamente executado, é potencialmente superior a qualquer método baseado em experimentação que neste caso concreto poderia ser visto mais como um método de tentativa e erro que como um método eficiente de análise guiada para o projecto. O método de avaliação, baseado em avaliação contínua tenta facilitar a integração de matérias fortemente interligadas promovendo um estudo atempado das mesmas e por isso um domínio o mais cedo possível dos conceitos inerentes aos conteúdos.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The main objectives of this curricular unit consist in a set of concepts that must be interconnected in such a way that they provide to the student enough capacity of analysis to extrapolate them to the majority of practical signals and systems. Concepts as well as concepts interconnection have to be explained, exemplified and in the most cases experimented. These 3 components; explanation, exemplification and experimentation appear methodologically appropriate to the classic teaching method composed by lecture sessions, tutorial sessions and experimental sessions. Reversing this approach meaning an experimental based approach seems not to be adequate for this type of curricular unit since usually is the need of a practical solution, such as the project of a required system, and without theoretical knowledge it could not be conveniently synthesized. Even that by experimental processes and following some intuitive rules a system with acceptable behaviour could be obtained it would be hard, without trying an infinite number of hypothesis which is virtually not possible, if this would be the best system that accomplishes the required conditions. The lack of guaranty that experimental procedures can guide in the convergence to the right system would be ever present. Given the requisites of this curricular unit mainly based on mathematical concepts as well as interconnection of concepts and synthesis methodologies based on models that perform well in the most of practical applications a classic based learning, when rightly done, is perhaps superior to experimental based procedures that in this case can be most seen as a tentative and error procedure than an efficient guide to the project. The evaluation method based on continuous evaluation tries to facilitate the integration of concepts strongly connected promoting an on line study and consequently an early domain of the concepts inherent to the contents.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Signals and Systems- Alan V. Oppenheim and Alan S. Willsky, Prentice-hall signal Processing series.*
- Computer-based exercises for signal processing using Matlab-C. Sidney Burrus, Prentice-hall signal Processing series.*
- Course notes including solved exercises (pdf) available on the web page.*
- Overhead projector transparencies (pdf) available on the web page.*

Anexo IV - Microtecnologias no Silício / Silicon Microtechnologies

3.3.1. Unidade curricular:

Microtecnologias no Silício / Silicon Microtechnologies

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Hígino Gomes Correia

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

- 1. Compreender os conceitos básicos de microelectrónica e micromaquinagem no silício;*
- 2. Conhecer os materiais compatíveis com o silício utilizado em microtecnologias e na física dos semicondutores;*
- 3. Identificar as propriedades e características do silício;*
- 4. Perceber os processos de tecnologia CMOS, bipolar e micromaquinagem (bulk, surface, LIGA).*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

1. *To understand the basic concepts of microelectronics and silicon micromachining.*
2. *To know the silicon-compatible materials used in microtechnologies and in semiconductors physics.*
3. *To identify the silicon properties and characteristics;*
4. *To learn the CMOS technology process, bipolar and micromachining (bulk, surface, LIGA).*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Microtecnologias no silício. Física dos semicondutores, semicondutores do grupo III-V, electrões e lacunas, semicondutores intrínsecos e extrínsecos, dopagem de semicondutores, condutividade e mobilidade eléctrica nos semicondutores, energia de Fermi. O silício e as suas propriedades físicas. Os materiais utilizados nas microtecnologias no silício. A tecnologia CMOS versus Bipolar e BiCMOS. Os processos de fabrico micromaquinagem volúmica (bulk-micromachining), micromaquinagem superficial (surface-micromachining) e o processo LIGA. São apresentados os fabricos de um sensor de temperatura (PTAT), um sensor de pressão e um sensor óptico de cor.

3.3.5. Syllabus:

Microtechnologies in silicon. Semiconductors physics, semiconductors III-V, electrons and holes, intrinsic and extrinsic semiconductors, doping semiconductors, conductivity and electrical mobility in semiconductors, Fermi energy. The silicon and its properties. The materials used in microtechnologies in silicon. The CMOS technology versus Bipolar and BiCMOS technology. The silicon micromachining fabrication process, surface-micromachining and LIGA process. As case studies are presented the fabrication process of a temperature sensor (PTAT), a pressure sensor and an optical color sensor.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Esta UC é a introdução a conceitos básicos: semicondutores, microtecnologias no silício e tecnologia CMOS.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

This course is an introduction to basic concepts: semiconductors, microtechnologies in silicon and the CMOS technology.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas presenciais teóricas e laboratoriais com o uso do CAD da Tanner Tools (S-Edit, T-Spice, L-Edit) para desenho de esquemático e layout e simulação. Avaliação por exame final (50%) e nota prática obtida no desempenho nas aulas laboratoriais (50%).

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical and laboratorial lectures with the use of the CAD Tanner Tools (S-Edit, T-Spice, L-Edit) for designing schematic and layout and for simulating. The assessment is based in final examination (50%) and the value obtained in the laboratorial class (50%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A avaliação é dividida pela parte teórica e prática. Nesta UC a parte laboratorial é fundamental para aprendizagem do desenho de circuitos integrados, com destaque para o desenho físico de layout.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The assessment is divided by theoretical and practical parts. In this course the laboratorial part is fundamental for learning the design of integrated circuits in CMOS technology with specially for the layout design.

3.3.9. Bibliografia principal:

1. *J. H. Correia, J. P. Carmo, Introdução às microtecnologias no silício, Editora LIDEL, Setembro 2010.*
2. *J. Singh, Semiconductor devices an introduction, McGraw-Hill Book Company, 1994.*
3. *S. Sze, Semiconductor Sensors, J. Wiley & Sons, 1994.*
4. *J.P. Uyemura, Physical Design of CMOS Integrated Circuits using L-EDIT, PWS Publishing Company, 1996.*

Anexo IV - Física da Matéria Condensada / Condensed Matter Physics**3.3.1. Unidade curricular:**

Física da Matéria Condensada / Condensed Matter Physics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):*Mikhail Igorevich Vasilevskiy***3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:***José Manuel Pereira Carmelo***3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:***Descrever a estrutura cristalina de sólidos simples, redes de Bravais e recíproca. Identificar e descrever os diferentes tipos de ligação cristalina;**Definir o significado de fonão e calcular a relação de dispersão de redes unidimensionais com 1 e 2 átomos por célula unitária. Compreender as contribuições dos fonões para as propriedades termodinâmicas e de transporte dos sólidos;**Descrever os modelos Drude e de Sommerfeld dos metais e as suas limitações;**Conhecer o teorema de Bloch e as suas consequências. Descrever a estrutura de bandas na aproximação de ligação fraca e no método do electrão fortemente ligado;**Conhecer a distribuição de Fermi-Dirac dos electrões pelos níveis de energia em função de temperatura e os conceitos de energia e de superfície de Fermi. Compreender como o conceito de estrutura de bandas leva à existência metais, semicondutores e isoladores**Adquirir a noção dos conceitos básicos sobre a supercondutividade.***3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:***Description of the structure of simple crystals, Bravais lattices and reciprocal lattices; identification and description of different types of chemical bonding in solids; Definition and understanding of phonons, and calculation of dispersion relations for 1D solids with one and atoms per unit cell; understanding of the phonon contributions to the thermodynamic and transport properties of solids; Description of the Drude and Sommerfeld models of metals and understanding of their limitations; Knowledge of the Bloch theorem and its consequences; description of the band structures within the approximation of nearly free electrons and the tight-binding method; Knowledge of the Fermi-Dirac distribution of electrons over energy levels in function of temperature and of the concepts of Fermi energy and Fermi surface; understanding of the classification of solids as metals, semiconductors and insulators on the basis of their band structure; Understanding of the basic concepts of superconductivity***3.3.5. Conteúdos programáticos:***1) Os modelos de Drude e de Sommerfeld dos metais. Condutividade DC e AC, reflectividade dos metais e condutividade Hall no modelo de Drude.**2) Estrutura cristalina e rede recíproca. Redes de Bravais e a sua classificação. Célula primitiva, Redes com base. Rede recíproca e zonas de Brillouin. Relação com a difracção de raios X.**3) Electrões num potencial periódico. Solução da equação de Schrodinger num potencial periódico arbitrário e teorema de Bloch. Aproximação de ligação fraca. Modelo do electrão fracamente ligado. Metais e isoladores.**4) Vibrações da rede cristalina e fonões. Vibrações clássicas de uma cadeia monoatómica e de uma cadeia com dois átomos por célula primitiva. Quantificação dos modos clássicos de vibração: fonões. Aproximação de Debye e calor específico de um sólido.**5) Supercondutividade. Os principais factos experimentais. Efeito de Meissner. Teoria macroscópica. Equação de irmãos London e teoria de Ginzburg-Landau . Pares de Couper. Efeito de Josephson***3.3.5. Syllabus:***1) Drude and Sommerfeld models of metals; AC and DC conductivity; reflectivity of metals and Hall conductivity within the Drude model;**2) Crystalline structure and reciprocal lattice; Bravais lattices and their classification, primitive unit cell, lattices with basis, reciprocal lattice and Brillouin zones; relation to X-ray diffraction;**3) Electrons in a periodic potential; Solution of the Schrodinger equation for a periodic potential and Bloch theorem; approximation of nearly free electrons; tight-binding model; metals and insulators;**4) Lattice vibrations and phonons; classical vibrations of a monoatomic chain and a diatomic chain; quantization of classical vibration modes and phonons, Debye model and specific heat of a solid;**5) Superconductivity; the principal experimental facts, Meissner effect; macroscopic theory, London's equation and Ginzburg-Landau theory; Couper pairs; Josephson effect***3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.***Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.***3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.***The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.*

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas e teórico práticas. Avaliação por testes e exame final. Opcional: realização de um pequeno projecto

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures and problem solving classes. Evaluation by 2-3 tests during the semester and final exam. Optional: development of a small project.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

- * *N. Ashcroft e D. Mermin, Solid State Physics, Brooks Cole, 1976.*
- * *C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, John Wiley and Sons, New York, 1976.*
- * *M. Marder, Condensed Matter Physics, 2ª edição, Wiley, 2010.*
- * *J. Singleton, Band Theory and Electronic Properties of solids, Oxford University Press, 2001.*

Anexo IV - Óptica / Optics**3.3.1. Unidade curricular:**

Óptica / Optics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Eduardo Jorge Nunes Pereira

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

O objectivo da UC é fornecer uma formação de base sólida em óptica clássica, de nível correspondente ao padrão de formação em universidades internacionais de referência, para engenharia física. Competências a adquirir:

- 1.) Óptica geométrica paraxial: compreender a definição de sistema óptico e aplicar a formulação paraxial a lentes e instrumentos ópticos.*
- 2.) Teoria electromagnética e polarização: saber descrever a produção e transformação de diferentes tipos de polarização; aplicar em situações de integração tecnológica.*
- 3.) Interferência: aplicar o princípio de sobreposição e os conceitos de coerência temporal e lateral a Young, Michelson e interferometria.*
- 4.) Difracção: aplicar a teoria escalar, nas aproximações de Fraunhofer (múltiplas fendas, abertura rectangular e circular; rede de difracção) e Fresnel (fenda e ecrã semi opaco; aplicar Cornu).*
- 5.) Óptica de Fourier: relacionar as transformações entre variáveis conjugadas com coerência temporal e com a difracção de Fraunhofer*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

The main goal is to provide a solid background formation in classical optics, corresponding to the international standard defined by reference institutions. Learning outcomes:

- 1) Paraxial geometrical optics: to understand the definition of optical system and to apply paraxial theory to lenses and optical instruments.*
- 2) Electromagnetic theory and polarization: describe the production and transformation of canonical polarization states, for optical radiation. Apply the theory in practical cases of technological integration.*
- 3) Interference: apply the superposition principle and the concepts of temporal and lateral coherence to Young, Michelson and interferometry.*
- 4) Diffraction: apply scalar diffraction theory in the Fraunhofer (multiple slit, rectangular and circular apertures, diffraction grating) and Fresnel (slit and opaque screen).*

5) Fourier Optics: understand and describe the transformation between conjugate variables with temporal coherence and Fraunhofer diffraction

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1) **Óptica geométrica paraxial: Refracção, reflexão, fibras ópticas. Superfícies esféricas refractoras, lentes delgadas e instrumentos ópticos (telescópio, microscópio, câmara fotográfica).**
- 2) **Teoria electromagnética e polarização: Maxwell, equação de onda, fluxo. Reflexão, refração e Fresnel. Absorção e dispersão. Filtros de interferência. Radiação polarizada: bases ortogonais, dicroísmo, reflexão, birrefringência, actividade óptica. Placas de 1/2 e 1/4 de onda. Leitores CD/DVD, LCD, 3D com óculos passivos e activos.**
- 3) **Interferência: Princípio de sobreposição, Young e Michelson. Coerência (temporal e lateral) e pacotes de ondas. Interferometria (Michelson, Mach-Zender, Sagnac, Fabry-Perot).**
- 4) **Difracção: Huygens-Fresnel. Fraunhofer: fenda, múltiplas fendas idênticas, abertura rectangular e circular. Babinet. Redes de difracção e espectrómetros. Fresnel.**
- 5) **Óptica de Fourier: Análise de Fourier: difracção e convolução. Coerência e correlações. Formação de imagem e transformações espaciais.**

3.3.5. Syllabus:

1.) Paraxial geometrical optics

Refraction, reflection, optical fibers. Spherical refracting surfaces, thin lenses and optical instruments (telescope, microscope, photographic camera).

2.) Electromagnetic theory and polarization

Maxwell, wave equation, flux. Reflection, refraction and Fresnel. Absorption and dispersion. Interference filters. Polarized radiation: orthogonal basis, dichroism, reflection, birefringence, optical activity. 1/2 and 1/4 wave plates. CD/DVD readers, LCD screens, 3D with active and passive glasses.

3.) Interference

Superposition principle, Young and Michelson. Coherence and wave packets. Interferometry (Michelson, Mach-Zender, Sagnac, Fabry-Perot).

4.) Diffraction

Huygens-Fresnel. Fraunhofer: slit, multiple identical slits, rectangular and circular apertures. Babinet. Diffraction gratings and spectrometers. Fresnel.

5.) Fourier Optics

Fourier analysis: diffraction and convolution. Coherence and correlations. Image formation and spatial transforms

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A UC tem horas de contacto teóricas (T; exposição, dedução e exploração de conceitos) e teórico práticas (TP; apoio à realização de problemas de aplicação e desenvolvimento, a realizar de forma autónoma pelos alunos). São adoptados dois manuais escolares. Os problemas recomendados para as aulas TPs são problemas seleccionados de manuais escolares.

A transmissão de conteúdos será feita com exposição e escrita no quadro, com recurso a visualização de representações gráficas e resultados experimentais. Os materiais de apoio das aulas são disponibilizados através da plataforma de e-learning. Os testes e exames têm ênfase em aplicações em situações concretas de interesse prático.

A avaliação será feita através de dois testes a realizar durante o semestre. Os alunos poderão realizar uma ficha de problemas optativa (grupos 2-4; 2 valores; problemas em matlab). Os estudantes que não tenham tido sucesso no quadro da avaliação contínua ou periódica podem submeter-se a avaliação por exame.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The curricular unit has both theoretical (T; exposition, deduction and explanation of concepts) and theoretical-practical (TP; numerical problems of application of concepts and development, to be executed autonomously by the students) contact hours. Two manuals will be officially adopted. The selected problems for the TPs classes are from the manuals.

The exposition will take place in the blackboard, using graphical representations and experimental results. The materials used in classes will be made available in the e-learning platform of University of Minho. The tests and exams have special focus in actual situations of practical importance.

The evaluation uses two tests, taking place during the teaching period. The students have the opportunity to make an optional sheet of problems (groups 2-4 students; 2/20; matlab problems). The students that have not obtained a positive grade in the periodic evaluation can obtain approval by a written exam.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

A) I. Kenyon, *The Light Fantastic, A Modern Introduction to Classical and Quantum Optics, Oxford (2008)*.
B) M.V. Klein, T.E. Furtak, *Optics, 2nd. Ed., Wiley (1986)*.

- 1.) *Óptica geométrica paraxial: (A) secções 1.1-1.6, 2.1, 2.2.1, 2.3, 3.1, 3.3, 3.4, 4.1, 4.2, 4.4, 4.5; (B) secções 1.1-1.4, 2.3, 3.1-3.2.*
- 2.) *Teoria electromagnética e polarização: (A) secções 9.1-9.7, 10.1-10.6, 10.8, 11.4-11.5; (B) secções 2.1-2.2, 2.4, 9.1-9.2.*
- 3.) *Interferência: (A) secções 5.1-5.7, 5.9.; (B) secções 5.1-5.5, 8.1-8.3.*
- 4.) *Difracção: (A) secções 6.1-6.8, 6.9.1-6.9.3, 6.10-6.13; (B) secções 6.1-6.2, 7.1-7.2.*
- 5.) *Óptica de Fourier: (A) secções 7.1-7.4.; (B) secções 6.3-6.4.*

Anexo IV - Teoria do Controlo / Control Theory

3.3.1. Unidade curricular:

Teoria do Controlo / Control Theory

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Filomena Maria da Rocha Menezes de Oliveira Soares

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Recolher e interpretar os conhecimentos que permitem desenhar e distinguir problemas de controlo em engenharia
Recolher e interpretar os conhecimentos, métodos e técnicas que permitem avaliar problemas de controlo em engenharia.
Recolher e interpretar os conhecimentos, métodos e técnicas que permitem resolver problemas de controlo em engenharia.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Collect and interpret knowledge that allow design and distinguish control problems in engineering
Collect and interpret the knowledge, methods and techniques for assessing control problems in engineering.
Collect and interpret the knowledge, methods and techniques to solve control problems in engineering.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Introdução - Conceitos introdutórios. Elementos na malha de controlo. Malha aberta e malha fechada. Problemas de controlo industrial.
Modelização matemática – Tipos de modelos. Sistemas lineares. Princípio da sobreposição. Transformada de Laplace e Funções de Transferência.
Análise no domínio dos tempos – Sistemas de 1ª e 2ª ordem
Tipos e estratégias de controlo. Controlador on-off. Controlador PID – sintonização de parâmetros de controlo.

3.3.5. Syllabus:

Introduction - Introductory concepts. Control elements in the loop. Open loop and closed loop. Industrial control problems.
Mathematical modeling - Types of models. Linear systems. Principle of superposition. Laplace Transform and Transfer Functions.
Analysis in time domain - 1st and 2nd order Systems

Types and control strategies. On-off control. PID controller - tuning control parameters

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos permitem disponibilizar aos alunos os conceitos e as ferramentas que necessitam para desenhar e resolver problemas de controlo.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus makes available the concepts and tools that allow students to design and solve control problems.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas Teóricas.

Métodos de Avaliação:

Teste final (40%), realização de um trabalho, com elaboração de relatório e apresentação pública (40%) e apresentação do resumo de aula anteriormente leccionada pelo docente (20%).

A avaliação deste trabalho contempla os seguintes aspectos: relatório 30%, apresentação 20% e desenvolvimento do tema proposto 50%. O teste tem nota mínima de 7/20.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures.

Assessment Methods:

Final test (40%), developing a practical work, including report and public presentation (40%) and presentation of the summary of the class previously taught by the teacher (20%). The evaluation of this work describes the following aspects: report 30%, 20% presentation and development of the theme proposed 50%. The test has a minimum score of 7 / 20.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Na aula seguinte ao professor expor a matéria, os alunos devem apresentar o resumo dessa aula, salientando os pontos principais. Devem também, apresentar a resolução de alguns exercícios.

A realização de um trabalho prático permite aos alunos aplicarem os conceitos teóricos estudados.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

After the teacher explains the theoretical subjects, students should present (on the following lesson) the summary of the previously lesson, highlighting the key points. They must also submit the resolution of some exercises.

The development of a practical work allows students to apply the theoretical concepts previously studied.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Martins de Carvalho, J.L., "Sistemas de Controlo Automático", LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 2000.

- Ribeiro, M.I., "Análise de Sistemas Lineares", IST Press, Lisboa, 2002.

- Filomena O. Soares, "Coleção de Transparências", 2009

- D.E Seborg, T.F. Edgar, D.A. Mellichamp, Process Dynamics and Control. John Wiley, New York, 1989.

- Katsuhiko Ogata, Modern Control Engineering,

- Michael Khoo, Physiological Control Systems, IEEE Press Series in Biomedical Engineering, 2000.

Anexo IV - Instrumentação / Instrumentation

3.3.1. Unidade curricular:

Instrumentação / Instrumentation

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Higinio Gomes Correia

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

a) fazer aquisição de sinais vindos de sensores(temperatura, radiação, força, luz);

b) compreender a configuração básica de amplificadores de instrumentação;

- c) *analisar o tipo de filtragem a realizar no sinal adquirido*
- d) *analisar o tipo de ADC a usar na conversão do sinal de analógico para digital.*
- e) *dominar os conceitos básicos sobre aquisição de sinais biomédicos (ECG, EEG, EMG).*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

- a) *To acquire signals from sensors (temperature, radiation, pressure, light);*
- b) *to understand the basic configuration of instrumentation amplifiers;*
- c) *to decide the filtering type to be applied*
- d) *to decide the type of ADC to be applied for converting the analog signal to digital.*
- e) *to know the basic concepts for acquiring biomedical signals (ECG, EEG, EMG)*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Aquisição de sinais a partir de sensores (temperatura, radiação, força, luz). Interface sensores electrónica de processamento (pré-amplificador, amplificador, filtro). Amplificador de instrumentação. Conversor I-V. Filtros analógicos 2ª ordem (passa-baixo, passa-alto, passa-banda e rejeita-banda). Conversores AD seu funcionamento (Flash, aproximações sucessivas, rampa simples, dupla-rampa, sigma-delta). Aquisição de sinais biomédicos (ECG, EEG, EMG).

3.3.5. Syllabus:

The acquisition of signals from sensors (temperature, radiation, pressure, light). The interface between the sensors and the processing electronics (pre-amplification, amplifier, filter). Instrumentation amplifier. Current-voltage converter. Analog filters second order (low-pass, high-pass, band-pass and reject-band). Analog-Digital converters design (Flash, successive-approximations, simple ramp, double-ramp, sigma-delta). Biomedical signals acquisition (ECG, EEG, EMG).

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Após as UCs de Análise de Circuitos, Electrónica e de Sistemas Digitais surge a Instrumentação que é a UC que aborda a aquisição de sinais provenientes de sensores e o seu processamento (amplificação, filtragem, conversão A-D, armazenamento digital).

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

After the Circuits Analysis, electronics and Digital Systems courses, appears Instrumentation the course that deals with the acquisition of signals from sensors and its processing (amplification, filtering, AD conversion, digital storing of the data).

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas presenciais teóricas com demonstrações práticas no Laboratório de Electrónica e Instrumentação. Avaliação por exame final ou 2 testes ao longo do semestre.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical lectures with hands-on demonstrations in the Laboratory of Electronics and Instrumentation. The assessment is done by final examination or 2 evaluation tests during the semester.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Nesta UC a parte da demonstração laboratorial é fundamental para aprendizagem dos conceitos.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

An important issue is the laboratorial demonstration during the lectures for consolidating the learning outcomes.

3.3.9. Bibliografia principal:

1. *Slides by J. H. Correia*
2. *Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits; S. Franco*
3. *Transducers Theory & Applications, Allocca, J. A. S., Allen.*
4. *Transducer Interfacing Handbook a guide to analog signal processing, Sheigold, D.H. (Ed.).*
5. *Interfacing Sensors to the IBM PC, Webster, J.G.; Willis, J.; (Ed.).*
6. *Applied Electronic Instrumentation and Measurement, Buchla, D. M., Wayne.*
7. *J.B. Olansen, Eric Rosow, Virtual bio-instrumentation, Biomedical, Clinical, and healthcare applications in LabVIEW, 1st Edition, 2002, Prentice-Hall Publisher*

Anexo IV - Programação Imperativa / Imperative Programming

3.3.1. Unidade curricular:

Programação Imperativa / Imperative Programming

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Pedro Manuel Rangel Santos Henriques

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

No fim da disciplina, o aluno deverá ser capaz de:

- *resolver problemas decompondo-os em problemas mais pequenos e especificando algoritmos para cada um destes.*
- *resolver problemas envolvendo cálculo numérico, manipulação de strings, manipulação de ficheiros, armazenamento de informação e processamento de estruturas de dados (listas e árvores binárias).*
- *codificar qualquer algoritmo na linguagem de programação C.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

At the end, students should be able:

- *To solve problems using the Cartesian approach: the initial problem is decomposed in simpler problems, and each sub problem is similarly decomposed recursively by the same approach until reach only basic problems whose solution is known.*
- *To solve basic numerical problems, or problems that require more complex data structures as arrays, strings, records, input/output sequential files, and dynamic lists or binary trees.*
- *To code all the algorithms implicit in the above described situations using C programming language.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Revisão da noção de Programação Imperativa: objectivos, dificuldades e etapas.

Uma visão global dos paradigmas de programação; panorâmica histórica das linguagens de programação imperativas;

Análise Descendente de problemas; Noção de Algoritmo Linguagem Algorítmica através de problemas-exemplo típicos.

Estudo da linguagem de programação "C": Filosofia e historial; Representação da Informação tipos de dados; Instruções simples e estruturas de controlo em "C";

Acesso e armazenamento de informação em memória secundária: manipulação de ficheiros;

Introdução ao polimorfismo registos variantes e apontadores para funções.

Algoritmos de Pesquisa e Ordenação.

Recursividade: Adequação da recursividade ao problema a resolver; Implementação de alguns casos matemáticos de natureza recursiva; Resolução de problemas "try-and-error".

Estruturas de Dados: Listas --- caso geral, Stacks e Queues; Funções Finitas; Estruturas de dados dinâmicas: apontadores, listas e árvores.

3.3.5. Syllabus:

Introduction to Imperative, or Procedural, Programming Paradigm: basic concepts and programming phases from problem statement and analysis, to test phase and deployment.

Recursive-Descent approach to problem analysis (Cartesian approach). The concept of algorithm and algorithmic language.

C programming language: history and the underlying philosophy; atomic and structured data types and basic language constructions for assignment, expressions and control flow;

Reading and writing from/to sequential (text or binary) files.

Polymorphism in C: union (variant structures) and pointers;

Search and Sort programs;

Recursion: concept, examples, try-and-error problems;

Data Structures: generic Lists, Stack and Queue; Maps and Hashing; dynamic lists with pointers, trees.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Na impossibilidade de abranger a enorme variedade de paradigmas e linguagens de programação, esta unidade

curricular opta por concentrar o estudo nos fundamentos do paradigma imperativo (ainda hoje o mais usado devido à eficiência imbatível dos seus programas) e no aprofundamento do estudo da linguagem C; depois de revistos os conceitos básicos, serão exploradas estruturas de dados dinâmicas e serão implementadas soluções para problemas críticos e complexos. O programa proposto permite um ensino orientado a casos o que facilita a motivação do aluno e ajuda à mais rápida e melhor compreensão dos conceitos e resultados. A sua abordagem de forma sistemática e com forte suporte laboratorial, permite desenvolver harmoniosamente as competências referidas acima.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Given the diversity of Programming Paradigms and Languages, this curricular unit focus on the most used and efficient approach: the imperative or procedural paradigm. In this direction, C programming language is explored; after remembering the basic concepts, complex data structures are studied and used to solve non-trivial and critical problems. The topics proposed enable the teacher to follow a case-oriented learning approach that motivates the students and provides an integrated and solid understanding of contents, but also contributes to training the ability to apply old concepts to new situations and problems. Its systematic approach, supported by extensive experimental support, seems able to provide the balanced development of all competences enumerated above.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nesta unidade curricular segue-se um ensino construtivista e orientado ao estudo de caso, que mais formalmente se pode descrever à custa das vertentes:

Ensino Individualizado: Estudo orientado e Ensino por módulos;

Ensino Socializado: Discussão em pequenos grupos; Brainstorming; Palestras;

Ensino Sócio-Individualizado: Projecto.

A avaliação da aprendizagem envolve: um trabalho de desenvolvimento experimental e escrito, a realizar em grupo, consubstanciando uma componente de carácter individual.

Tanto a componente individual como a componente de grupo têm limite de execução temporal bem definido, nunca excedendo o período lectivo. A classificação final é dada na forma:

- 40% da classificação provém da componente prática de grupo;*
- 60% da classificação provém da componente individual.*

É considerado aprovado o aluno cuja nota final seja superior ou igual a 10 (dez) valores, sendo obrigatório ter classificação positiva em todos os instrumentos de avaliação.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

In this curricular unit we follow a Constructivist Learning method based on a case-oriented approach, as follows:

Individualized Teaching: Oriented studies and Modular Teaching ;

Socializing Teaching: Discussion in small groups, Brainstorming, Lectures;

Socio-Individualized Teaching: Project.

The assessment of learning involves two instruments: an experimental development work and writing, to be held in group, and a practical test of individual character.

Both the individual component as a component of the group have a well-defined time limit, never exceeding the academic year, demanding also the realization of all jobs listed.

The final classification is given in the form:

- 40% of the grade comes from the practical component;*
- 60% of the grade comes from the individual practice component.*

It is considered approved student whose final grade is greater than or equal to 10 (ten), and must be rated positively in all assessment tools.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os objectivos fixados para a Unidade Curricular aconselham a adopção de uma metodologia dinâmica, capaz de articular teoria e prática que incentive a participação dos alunos. A metodologia proposta vai exactamente nesse sentido.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The aims fixed for this Curricular Unit and the competences to develop require the choice and implementation of a dynamic teaching methodology, able to correctly articulate theory and practice and, furthermore, to foster students participation in the classroom. The proposed methodology has exactly such a profile.

3.3.9. Bibliografia principal:

Kernighan & Ritchie, The C Programming Language (ANSI C), 2nd edition, Prentice Hall Software series. 1988.

P. Guerreiro, Elementos de Programação com C, FCA - Editora de Informática, 2001;

L. Damas, Linguagem C, FCA - Editora de Informática, 1999;
Leendert and Ammeraal, Programas e Estruturas de dados em C, Editora Presença, 1994;
A.N. Ribeiro e J. Pina Miranda, Notas Práticas de Algoritmos e Estruturas de Dados, Notas pedagógicas, Univ. do Minho, 1995;
J. A. Saraiva & A. N. Ribeiro, Estruturas de Dados: Listas ligadas dinâmicas. Notas pedagógicas, Univ. do Minho, 1995.

Anexo IV - Fotónica I / Photonics I

3.3.1. Unidade curricular:

Fotónica I / Photonics I

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Carlos Viana Gomes

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Compreender conceitos fundamentais à compreensão dos fenómenos físicos envolvidos na Fotónica, na interacção coerente da luz com a matéria e também do princípio de funcionamento do laser e tecnologia associada. Compreender a interacção da luz com sistemas de dois níveis, as propriedades quânticas e estatísticas da luz assim como a propagação de feixes gaussianos e as condições de estabilidade e as propriedades de ressonadores ópticos. Saber relacionar os fenómenos estudados com os princípios de funcionamento de dispositivos usados em circuitos ópticos e, em especial, em dispositivos de óptica integrada.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

To understand the physical phenomena involved in the photonics, the coherent interaction of light with matter as well as the working principle of the laser and associated technology. To understand the physics of the interaction of light with two levels systems, the quantum and statistical properties of the light as well as the propagation of gaussian beams and the stability conditions and properties of optical resonators.

To know how to relate the studied phenomena with the working principle devices used in optic circuits, specially in devices of integrated optics.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1- Problema quântico do Oscilador harmónico;*
- 2- Natureza quântica da luz, fontes térmicas e coeficientes de Einstein; dualidade onda-corpúsculo*
- 3- Estados coerentes;*
- 4- Interação da luz com sistemas de 2 níveis: oscilações de Rabi;*
- 5- Alargamento natural e modelo clássico de Lorentz;*
- 6- Equações de taxa com coeficientes de Einstein;*
- 7- Matriz densidade e Equações ópticas de Bloch;*
- 8- Alargamento homogéneo e inhomogéneo;*
- 9- Equação de onda paraxial e feixes gaussianos;*
- 10- Ressonadores Ópticos;*
- 11- Amplificadores ópticos e Lasers;*
- 12- Modeladores electro- e acusto-óptico*
- 13- Q-Switching e Mode Locking;*
- 14- Óptica não-linear: geração de harmónicos, mistura de ondas e amplificação paramétrica*

3.3.5. Syllabus:

- 1- The quantum harmonic oscillator;*
- 2- The quantum nature of the light, thermal sources and the Einstein coefficients; wave-particle duality*
- 3- Coherent states;*
- 4- Interaction of the light with two level systems: Rabi oscillations;*
- 5- Natural broadening and the Lorentz classical model;*
- 6- Rate equations with Einstein coefficients;*
- 7- Density matrix and the optical Bloch equations;*
- 8- Homogeneous and inhomogeneous broadening;*
- 9- Paraxial wave equation and gaussian beams;*
- 10- Optical resonators;*
- 11- Optical amplifiers and Lasers;*
- 12- Electro-optic and acousto-optic modulators;*

13- Q-Switching and Mode Locking;**14- Nonlinear optics: harmonic generation, wave mixture and parametric amplification****3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.**

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus of this Curricular Unit where defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Exposição da matéria com recurso à escrita no quadro, intercalando a descrição de resultados experimentais, a dedução e enunciação de resultados teóricos e resolução de alguns problemas exemplares.

Sempre que se ajuizar pertinente, a visualização de diapositivos ou filmes onde se mostram realizações e/ou resultados experimentais.

Para melhor interpretação dos resultados analíticos e dos modelos adoptados ao estudo dos fenómenos, usar-se-á também a projecção de representações gráficas e de simulações computacionais, usando para o efeito software matemático dedicado.

O incentivo ao estudo aturado da bibliografia recomendada por parte dos alunos e à resolução dos problemas nela propostos ou outros que requeiram a consulta de outros textos e de pesquisa autónoma.

A avaliação desta UC baseia-se média aritmética das classificações obtidas em dois teste e da nota global de um conjunto de 6 fichas de problemas (de resolução individual fora das aulas), propostos ao longo do semestre

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lecturing using primarily the written exposition on the blackboard, intercalating the description of experimental data, the derivation and enunciation of theoretical results and the solution of some exemplary problems. Whenever pertinent, making use of the visualization of transparencies/films with the description of experimental achievements and/or their results and the projection of graphical representations and/or computational simulations, reinforcing the interpretation of the obtained analytical results as well as of the adopted models used on the description of the physical phenomena.

Stimulate the students to the careful study of the recommended bibliography, encouraging them to solve the included exercises or others that require autonomous research.

The evaluation of the frequency of this UC is based on the arithmetic mean of the classifications obtained in two exams and of the overall grade obtained on 6 problems sets (homework) proposed throughout the semester.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular. Estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7 reflect the lecturing experience over the years of topics related to the scientific domain of this Curricular Unit. They are in close agreement with the evaluation guidelines of the University of Minho and are coherent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

*A- Saleh, B. E. A. e M. C. Teich., *Fundamentals of Photonics*. New York, NY: Wiley, 1991. ISBN: 9780471839651.*

*B- I. R. Kenyon, *The Light Fantastic- A Modern Introduction to Classical and Quantum Optics*, Oxford University Press 2008*

*C- A. Yariv , *Optical Electronics*, Holt, Rinehart & Winston, New York, 1991.*

Anexo IV - Biossensores / Biosensors**3.3.1. Unidade curricular:**

Biossensores / Biosensors

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Graça Maria Henriques Minas

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Definir e distinguir os diferentes tipos e principais áreas de aplicação dos biossensores. Classificar os transdutores utilizados nos biossensores. Tomar decisões sobre o elemento selectivo. Seleccionar o método de imobilização. Compreender e especificar os factores de desempenho dos biossensores. Especificar e seleccionar os biossensores que permitem resolver determinado problema analítico

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Define and distinguish the different biosensors and its main application areas. Classify the transducers used in the biosensors. Take decisions about the selective element. Select the immobilization method. Understand and specify the biosensors performance factors. Specify and select the biosensors that allow solving an analytical problem.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1.Introdução aos biossensores e sua importância.

2.Elemento biológico: Enzimas, Tecidos, Micro-organismos, Anticorpos, Ácidos nucleicos

3.Imobilização do elemento biológico: Adsorção, Microencapsulamento, Oclusão, Ligação cruzada, Ligação covalente; Exemplos

4.Factores de desempenho dos biossensores

5.Biossensores electroquímicos: Princípios e métodos da electroquímica, Eléctrodos modificados, Biossensores potenciométricos, amperométricos e condutimétricos, Microeléctrodos e eléctrodos de filme fino

6.Biossensores ópticos: de fibra óptica, baseados em ondas evanescentes, guias de onda planar; Técnicas ópticas e aplicações nos biossensores

7.Biossensores piezoeléctricos: Piezoelectricidade, Biossensores de massa, Biossensores baseados em ondas acústicas. Aplicações

8.Outros tipos de biossensores: termométricos, BioMEMS, enzimáticos

9.Litografia e Microfluidos

10.O Futuro dos biossensores: Micro/Nano tecnologia, Requisitos para a próxima geração de biossensores

3.3.5. Syllabus:

1.Introduction to biosensors and their importance

2.Biological Element: enzymes, tissues, micro-organisms, antibodies, nucleic acids

3.Immobilization of the biological element: adsorption, microencapsulation, entrapment, cross-link, covalent link; Examples

4. Biosensors performance factors

5.Electrochemical biosensors: electrochemistry methods, modified electrodes; Potentiometric, amperometric and conductimetric biosensors; Microelectrodes and thin-film electrodes

6.Optical biosensors: based on optical fibers and evanescent wave; planar waveguide; Optical techniques and their application in biosensors

7.Piezoelectric biosensors: piezoelectricity, mass biosensors, acoustic wave based biosensors; Applications

8. Other biosensors: termimetric, BioMEMS, enzymatic

9.Lithography and microfluids

10.The future of biosensors: micro/nano technology, requirements for the next biosensors generation.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A UC começa com a apresentação dos seus objectivos e com uma contextualização da matéria leccionada no âmbito de UCs de anos anteriores. Este primeiro capítulo é de importância fulcral para a motivação dos alunos e para a aquisição de uma visão global e integrada dos conteúdos. É introduzida uma visão histórica; é discutida a dependência de determinados fenómenos biológicos (úteis para o futuro engenheiro) com as características dos biossensores; são discutidos os requisitos mais importantes dos biossensores de forma a serem atingidas as necessidades futuras numa variedade de áreas, desde os diagnósticos médicos in-vivo, descobertas farmacêuticas, detecções patogénicas, entre outras.

Do capítulo 2 conclui-se que os sistemas biológicos fornecem os elementos selectivos mais importantes usados nos biossensores. Esses elementos devem ser substâncias que podem ser ligadas, por elas próprias, a um determinado substrato, mas não a outros.

Do capítulo 3 conclui-se que para se obter um biossensor viável, o elemento biológico deve ser adequadamente ligado ao transdutor. Este capítulo é essencial, uma vez que a escolha de determinado método de imobilização condiciona o tempo de vida do biossensor, assim como o seu desempenho.

O capítulo 4 salienta que no desenvolvimento de uma nova técnica é necessário estabelecer, tão rápido quanto possível, os critérios pelos quais o seu desempenho pode ser medido.

Após o fornecimento dos elementos essenciais para a escolha do elemento biológico, do método de imobilização e dos critérios para um bom desempenho, que são parte fundamental do processo de reconhecimento e quantificação de um dado composto a analisar num biossensor, serão introduzidos os métodos de transdução.

Assim, nos três capítulos seguintes, do capítulo 5 ao 7, serão descritos os principais métodos de transdução utilizados nos biossensores, cuja designação está directamente relacionada com o tipo de transdutor e que levou à designação dos diferentes tipos de biossensores. Aplicações nas áreas da genética e genómica, biologia forense, bioterrorismo, qualidade da água/alimentos, procura de novas drogas, doseamento e transferência de medicamentos, cultura e manuseamento de células, assim como a maior parte dos equipamentos de monitorização e de diagnóstico clínico, incluem biossensores.

No capítulo 8 salientam-se biossensores com problemas específicos e métodos de detecção mais elaborados (incrementando o grau de dificuldade).

Do capítulo 9 salientam-se os métodos para o fabrico de microestruturas; a utilização desses métodos em combinação com a superfície orgânica, e a utilização de sistemas de microfluidos para desenhar essas estruturas. Por fim, aborda-se o rumo de desenvolvimento tecnológico dos novos biossensores para aplicações biomédicas.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus starts with its objectives and with an including of the learning outcomes taught in previous years.

This first chapter is very important for the students motivation and for a global and integrated vision of the learning. A historical vision is introduced; it is discussed the dependence of some biological phenomena with the characteristics of biossensores; there are discussed the requirements for the biossensores for achieving needs in the area of medical diagnosis, pharmaceutical findings, pathogenic detection, among others.

From chapter 2 one can conclude the biological systems that supply the most important selective elements used in the biosensors. These elements should be substances that can be connected by themselves to such substrate and not to others.

From chapter 3 one can conclude that for obtaining a viable biosensor, the biological element should be perfectly connected to the transducer. Therefore, the correct choice of an immobilization method determines the biosensor life time as well as its performance.

Chapter 4 shows that in the development of a new technique it is necessary establish the performance factors for measure the biosensors performance.

After the choice of the biological element, the immobilization method and the factors for a good performance, the transducers methods are introduced. Therefore, chapters 5 to 7 describe the main transducer methods used in biosensors. Applications in the areas of genetic, forence biology, bioterrorism, water and food quality, drug delivery, culture and cell handling include those transducers methods.

In chapter 8 there are referred specific biosensors with more elaborated detection methods.

Chapter 9 refers the methods for fabricating of microstructures, its use combined with organic surface and microfluidic systems for design these structures.

At end, the technological developments of new biosensors for biomedical applications are referred.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas / Exercícios Práticos / Trabalhos de projecto propostos nas aulas e realizados quer nas aulas, quer fora das aulas.

Métodos de Avaliação:

Exame final e trabalhos de projecto propostos nas aulas e realizados quer nas aulas, quer fora das aulas.

A classificação final é obtida através da seguinte expressão $0.50 \times NE + 0.50 \times NTPC$, em que NE representa a nota obtida no exame e NTPC representa a média das notas obtidas nos trabalhos realizados nas aulas e fora das aulas.

São aprovados apenas os alunos com a classificação superior ou igual a 9.5 valores no NE e classificação final superior ou igual a 10 valores e que tenham garantido todos os pré-requisitos impostos nas diversas fases.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Classes / Practical exercises / proposed project work in the classes and performed either in the classes, either outside classes.

Evaluation:

Final exam and proposed project works in the classes and performed either in the classes, either outside classes.

The final classification is obtained by: $0.50 \times NE + 0.50 \times NTPC$, where NE is the mark of the exam and NTPC is the average mark of the classifications obtained in the project work.

The student approved in the curricular unit need to have minimal classification of 9.5 in the NE and final classification equal or superior to 10 and all pre-requirements in the several phases.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Dois factos são de especial relevância: a forte componente de trabalho individual e a forte componente de trabalho em grupo. As duas componentes incidem na filosofia de ensino-aprendizagem preconizada no curso: ensino centrado no aluno. A forte componente de trabalho em grupo fornecerá aos alunos várias valências fundamentais para o seu futuro profissional tais como a distribuição de tarefas, responsabilização colectiva, gestão de conflitos, entre outros. Os grupos terão um papel relevante na elaboração, execução e discussão nas aulas teóricas.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Two factors are of special relevance: the strong component of individual and group work. These 2 components fall

upon in the teaching - learning philosophy: education centred in the student. The strong component of group work will give to the students several skills for their professional future such as the tasks distribution, collective responsibility, conflict management, among others. The groups will have an important role in the preparation, execution and discussion in the theoretical classes.

3.3.9. Bibliografia principal:

- B. Eggins, *Biosensors: an introduction*, 1996, John Wiley & Sons.
- B. R. Eggins, *Chemical sensors and biosensors*, 2002, John Wiley & Sons.
- Ajit Sadana, *Engineering Biosensors: Kinetics and Design Applications*, 2001, Academic Press.
- Donald G. Buerk, *Biosensors: Theory and Applications*, 1995, CRC.
- A. E. G. Gass, Jon Cooper, *Biosensors: A practical Approach*, 2ª ed., 2004, Oxford University Press, USA.
- Robert S. Marks, Christopher R. Lowe, David C. Cullen, et al., *Handbook of Biosensors and Biochips*, Wiley, 2008.
- F.S. Ligler and C.A. Rowe Taitt (editors), *Optical Biosensors: Present and Future*, 2002, Elsevier Science.

Anexo IV - Física de Semicondutores e Nanoestruturas / Physics of Semiconductors and Nanostructures

3.3.1. Unidade curricular:

Física de Semicondutores e Nanoestruturas / Physics of Semiconductors and Nanostructures

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Mikhail Igorevich Vasilevskiy

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Adquirir conhecimentos fundamentais sobre os materiais e fenómenos em que se baseia o funcionamento da electrónica moderna, nomeadamente:

Descrever a estrutura electrónica dos sólidos cristalinos e analisar as suas propriedades com base nela;

Aplicar os princípios estatísticos para calcular as concentrações dos portadores de cargas móveis em semicondutores intrínsecos e dopados;

Descrever as propriedades de transporte, a nível fenomenológico e com base na equação de Boltzmann, e discriminar os diversos efeitos cinéticos, na presença de campos eléctricos e magnéticos e/ou de gradientes de concentração e temperatura;

Compreender a interacção da luz com a matéria e calcular a resposta óptica dos semicondutores em várias regiões espectrais;

Analisar os fenómenos de contacto entre dois semicondutores e entre um metal e um semiconductor.

Explicar a natureza e as consequências do confinamento quântico nos semicondutores e descrever as características dos diversos tipos de nanoestruturas

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Fundamental knowledge of the materials and phenomena constituting the basis of the modern electronics, namely: Description of the electronic structure of crystalline solids and analysis of the related material

properties; Application of the statistical principles to the calculation of free charge carriers in doped and intrinsic semiconductors; Description of the transport properties, at phenomenological level and using the Boltzmann equation, of different kinetic effects taking place in the presence of electric and magnetic fields and/or gradients of concentration and temperature;

Understanding of the interaction of light with matter and calculation of the optical response of semiconductors in different spectral regions; Analysis of the contact phenomena between two semiconductors and a metal and a semiconductor. Understanding of the physics and the consequences of the quantum confinement effect in semiconductors and description of the characteristics of different types of nanostructures

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Propriedades básicas dos semicondutores.

Teoria de bandas electrónicas (espectros de energia electrónica em sólidos cristalinos, métodos experimentais e teóricos; particularidades da estrutura de bandas dos semicondutores mais importantes, conceito de lacuna), Estatística de portadores de carga em materiais semicondutores, intrínsecos e dopados;

Fenómenos de transporte nos semicondutores (condução eléctrica, efeito Hall, efeito termoeléctricos, electrões “quentes”);

Óptica dos semicondutores (mecanismos de absorção da luz, fotoluminescência, excitações, fotocondutividade);

Fenómenos de contacto (junções p-n e heterojunções);

Estruturas de semiconductor com confinamento quântico (gás electrónico bi-dimensional, poços e fios quânticos, pontos quânticos nanocristalinos e autoorganizados).,

3.3.5. Syllabus:

Semiconductor materials and their basic properties;
Electronic band theory (energy spectra in crystalline solids, experimental and theoretical methods, features of the electronic structure of the most important semiconductors, the concept of hole);
Statistics of free charge carriers in intrinsic and doped semiconductors;
Transport phenomena in semiconductors (electric conductivity, Hall effect, thermoelectric effects, hot electrons);
Optics of semiconductors (light absorption mechanisms, optoelectronics, excitons, photoconductivity);
Contact phenomena (p-n junctions and heterostructures);
Semiconductor structures with quantum confinement (2D electron gas, quantum wells and quantum wires, nanocrystalline and self-organised quantum dots).

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas e teórico práticas. Avaliação por testes e exame final.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures and problem solving classes. Evaluation by 2-3 testes during the semester and final exam.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

- * P. Y. Yu, M. Cardona, "Fundamentals of Semiconductors", Springer, 1996 e edições posteriores
- * M. I. Vasilevskiy, M. I. C. Ferreira, "Física dos Semicondutores: Fundamentos, Aplicações e Nanoestruturas", Almedina, 2005
- * J. H. Davies, "The Physics of Low-Dimensional Semiconductors", Cambridge University Press, 1999
- * P. K. Basu, "Theory of Optical Processes in Semiconductors", Clarendon Press, Oxford, 1997
- * K. Seeger, "Semiconductor Physics", Springer-Verlag, 1973
- * J. S. Blakemore, "Semiconductor Statistics", Dover, N.Y., 1987
- * S. M. Sze, "Physics of Semiconductor Devices", John Wiley & Sons, 1981

Anexo IV - Nanodispositivos e nanoelectrónica / Nanodevices and nanoelectronics**3.3.1. Unidade curricular:**

Nanodispositivos e nanoelectrónica / Nanodevices and nanoelectronics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

João Pedro dos Santos Hall Agorreta de Alpuim

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

Esta Unidade Curricular terá a colaboração de investigadores do International Iberian Institute of Nanotechnology (INL) / This unit will have the collaboration of researchers from the International Iberian Institute of Nanotechnology (INL)

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

1. *Explicar o funcionamento dos microscópios de varrimento de efeito de túnel, de força atómica e eletrónico e saber quando utilizar cada um deles.*
2. *Conhecer a estrutura do grafeno e dos nanotubos de carbono.*
3. *Conhecer as tecnologias de filmes finos para o fabrico da nanoeletrónica.*
4. *Utilizar tecnologias top-down e bottom-up para o fabrico de nanoestruturas.*
5. *Conhecer os principais efeitos da baixa dimensionalidade das nanoestruturas sobre o transporte eletrónico.*
6. *Compreender o funcionamento de alguns tipos de dispositivos eletrónicos nanoestruturados.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

1. *Explain the operation of STN, SEM and TEM and AFM and be aware of when to use each of them.*
2. *Know the structure of graphene and carbon nanotubes.*
3. *Understand thin film technology for the manufacture of nanoelectronics.*
4. *Using top-down and bottom-up technologies for the manufacture of nanostructures.*
5. *Know the main effects of low dimensionality on the transport in electronic nanostructures.*
6. *Understand the operation of some types of nanostructured electronic devices.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1-*Microscopia e ferramentas de nanomanipulação. Microscópios de varrimento de efeito de túnel, de força atómica e eletrónico; pinças moleculares.*
- 2-*Fabrico de nanoestruturas: top down e bottom up. Fotolitografia e litografia por feixe de electrões. Gravação por feixe de iões focado (FIB). Tecnologias de filmes finos. Estampagem. Síntese orgânica e self-assembling. Tecnologia ADN recombinante.*
- 3-*Transporte eletrónico em nanoestruturas. Transporte dissipativo clássico e em nanoestruturas. Electrões “quentes”. Transporte balístico clássico e quântico: a fórmula de Landauer. Transporte por um electrão singular.*
- 4-*Estruturas eletrónicas de baixa dimensionalidade. Poços e pontos quânticos, nanofios, super redes e heteroestruturas. CNTs e grafeno. Aplicações fotónicas de nanopartículas. Superparamagnetismo e magnetoresistência gigante.*
- 5-*Nanodispositivos. Díodos de efeito de túnel ressonante; Transístores de efeito de campo. Eletrónica de moléculas singulares. Díodos emissores de luz e lasers.*

3.3.5. Syllabus:

- 1-*Microscopy and nanomanipulation tools. Microscopy: STM, AFM, SEM and TEM. Molecular tweezers.*
- 2-*Manufacture of nanostructures: top down and bottom up. Photolithography and electron beam lithography. Focused ion beam (FIB). Thin film technologies. Stamping. Organic synthesis and self-assembling. DNA recombinant technology.*
- 3-*Electron transport in nanostructures. Classical and dissipative transport in nanostructures. "Hot" electrons. Classical and quantum ballistic transport. The Landauer formula. Single electron transport.*
- 4-*Electronic structures of low dimensionality. Quantum wells and quantum dots, nanowires, superlattices and heterostructures. CNTs and graphene. Photonic applications of nanoparticles. Giant magnetoresistance and superparamagnetism.*
- 5-*Nanodevices. Resonant tunnelling diodes, field effect transistors. Single molecule electronics. Light-emitting diodes and lasers.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Esta UC está centrada nos nanodispositivos eletrónicos e na nanotecnologia necessária para o seu fabrico na perspetiva da formação de técnicos superiores com uma compreensão científica profunda desta área tecnológica de futuro e dos desafios que lhe estão colocados. Daí a exigência de conteúdos científicos extensivos para a compreensão desta alta-tecnologia. A UC pretende simultaneamente dar formação que origine técnicos treinados no fabrico, desenho e dimensionamento de sistemas nanoeletrónicos concretos. Daí os objetivos de aprendizagem relacionados com o desenho e fabrico de nanoestruturas eletrónicas que são, em parte, comuns às técnicas de fabrico de microtecnologia.

Em geral, os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objetivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

This UC is focused on nanoelectronic devices and the nanotechnology needed to manufacture them. It aims at training senior engineers possessing a deep scientific understanding of this novel area and the technological challenges that it faces. Hence the need for extensive scientific content laying down the basis for the understanding of this high-tech field. The UC also aims to provide training in the manufacture, design and dimensioning of concrete nanoelectronic systems. Hence the learning objectives related to design and manufacture of electronic nanostructures which happen to be partly common to the microelectronic manufacturing techniques.

In general, the program content defined for this course is prepared in accordance with the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino adotada para esta unidade curricular visa atingir os objetivos propostos. Está baseada numa distribuição das horas de contacto com o docente em aulas teóricas (T), usadas para exposição da matéria e para discussão de dúvidas e pontos de vista que os alunos podem ter formado de modo próprio ou ao contactarem com a literatura, aulas teórico-práticas (TP) para resolução de problemas e as aulas práticas laboratoriais (PL) em que os alunos, organizados em grupos, realizarão um projeto de desenho e/ou fabrico de dispositivos, consoante as disponibilidades de apoio laboratorial.

A avaliação é realizada em vários momentos ao longo do semestre e inclui diferentes elementos de avaliação: testes individuais; relatório escrito dos trabalhos práticos realizados pelos alunos e sua apresentação oral. Os testes individuais terão um peso de 50% na avaliação e os relatórios escritos e respetiva apresentação oral, os outros 50%.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodology adopted for this course aims at achieving the course objectives. It is based on a distribution of contact hours with the professor that span from theoretical classes (T), used to expose the subject-matter and to discuss questions and viewpoints that students may have formed by themselves or after contact with the literature, theoretical-practice (TP) classes for problem solving and laboratory classes (PL) in which students arranged in groups, carry out a project design and / or manufacture of devices, depending on the availability of laboratory support.

The evaluation is carried out at various times throughout the semester and includes different elements of assessment: individual tests, written report of the experiments conducted by students and their oral presentation. The individual tests have a 50% weight in the evaluation and the technical written reports and corresponding oral presentation, the other 50%.

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

Espera-se desta UC que ajude a formar engenheiros de fácil colocação no mercado de trabalho, pelas suas sólidas bases científicas nas áreas subjacentes à nanoeletrónica, pelos conhecimentos alargados e fundados na experiência dos processos de nanofabricação, e com uma pré-disposição para a interdisciplinaridade e a inovação – uma característica “genética” da nanotecnologia. Para atingir esse fim, a UC está desenhada de modo a combinar uma componente teórico-científica importante com uma componente experimental e de saber fazer não menos importante. Para o completo sucesso desta última, pretende-se tirar partido das competências instaladas no International Iberian Institute of Nanotechnology (INL). Assim, prevê-se que os alunos desenvolvam trabalhos experimentais em grupos utilizando tecnologias de sala limpa e/ou outras tecnologias de micro/nanofabricação disponíveis no INL. A busca de coerência entre as metodologias de ensino e os objetivos de aprendizagem levou às seguintes opções:

- i) Oferecer aos alunos o contacto mais abrangente possível com laboratórios e trabalhos experimentais, em que possam aprender fazendo;*
- ii) entregar aos alunos um considerável volume de material bibliográfico e de problemas para resolver de maneira a permitir-lhes progredir por si próprios, de acordo com o seu ritmo individual;*
- iii) estimular o trabalho em grupo, como forma de aprendizagem e de organização. Os grupos terão um papel mais relevante nas aulas laboratoriais e numa parte das horas de estudo;*
- iv) propor um esquema de avaliação da aprendizagem variado, assente em instrumentos de avaliação diversificados, individuais e em grupo, distribuídos temporalmente ao longo do semestre letivo e que reflita as diversas componentes da disciplina.*

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

It is expected from this curricular unit (UC) that it will help train engineers who will easily gain access to the labor market, due to their solid scientific background, to their knowledge and experience of nanofabrication processes, and because of their predisposition for interdisciplinary and innovative work – a characteristic that lays deep in the “genes” of nanotechnology. To that end, the UC is designed as a combination of a scientific theoretical component, with an important experimental hands-on component. In order to succeed, this last component requires the support, expertise and state-of-the art installations of the International Iberian Institute of Nanotechnology (INL). Thus, it is expected that students develop experimental work in groups using clean room technology and / or other technologies for micro /nanofabrication.

The search for coherence between teaching methodologies and learning objectives led to the following options:

- i) Provide students with the widest possible contact with laboratories and experimental work, where they can learn by doing;*
- ii) give students a considerable amount of bibliographic material and problems to solve in ways that allow them to progress by themselves, according to their individual pace;*
- iii) encourage group work as a way of learning and organization. The groups will have a greater role in laboratory classes and in part of the study hours;*
- iv) to fulfill a scheme of learning evaluation based on varied assessment tools, both at individual and group levels, distributed in time throughout the semester, reflecting the various components of the discipline.*

3.3.9. Bibliografia principal:

Vladimir V. Mitin, Viatcheslav A. Kochelap, Michael A. Stroschio, Introduction to Nanoelectronics, Cambridge

University Press (2008) ISBN:978-0-521-88172-2

S. M. Lindsay, Introduction to Nanoscience, Oxford University Press (2010) ISBN: 978 019 954420 2 (Hbk) ISBN: 978 019 954421 9 (Pbk)

T. Ihn, Semiconductor Nanostructures, Oxford University Press (2010), ISBN13: 9780199534432, ISBN10: 0199534438

Marc J. Madou, Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, CRC Press, Taylor & Francis Group, 3rd Edition, New York (2011) ISBN: 978 084 9331800

Anexo IV - Robótica / Robotics

3.3.1. Unidade curricular:

Robótica / Robotics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Cristina Manuela Peixoto Santos

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Este curso habilita os estudantes com conhecimentos e competências na área da robótica e da sua aplicação a diversas áreas. É de esperar que no final os alunos sejam capazes de:

- *Exemplificar, descrever e explicar a aplicação da tecnologia robótica às áreas da Engenharia Física.*
- *Resolver problemas de cinemática.*
- *Resolver problemas básicos de força.*
- *Categorizar e discriminar diferentes configurações de robots.*
- *Seleccionar um braço-robot para uma certa aplicação em função das características dos robots e dos requisitos da tarefa.*
- *Categorizar e discriminar entre métodos clássicos e modernos para controlo de robôs e geração de trajectórias.*
- *Programar/controlar um braço robótico e/ou um robot móvel.*
- *Implementar métodos de planeamento de trajectórias.*
- *Interpretação crítica dos problemas e potencialidades da Robótica.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

The course endows students with knowledge and skills in modern robot technology and how to apply it the sub-areas of biomedical engineering.

It is expected that students should be able to:

- *Exemplify applications of robot technology in the areas of Physics engineering.*
- *Solve problems of kinematics and dynamics.*
- *Solve some basic force control problems.*
- *Discriminate and categorize robot's components and subsystems.*
- *Categorize and discriminate different configurations of robot arms.*
- *Select a robot arm for a certain application given its characteristics and task requirements.*
- *Categorize and discriminate among classical and modern approaches for robot control and trajectory generation.*
- *Implement planning control methods.*
- *Critical interpretation of the problems and potentialities of Robotics.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Robótica

1.1. Breve história robótica

1.2. Aplicações robóticas focando na física

1.3. Desafios técnicos e de implementação

2. Anatomia de robots

3. Transformações e representações espaciais

3.1. Descrições espaciais de posição, orientação e sistemas de coordenadas.

3.2. Transformações de orientações Gerais

4. Cinemática de robôs

4.1. Directa.

4.2. Inversa

4.3. Diferencial.

4.4 Jacobianos

4.5. Singularidades

4.6. Simulação

5. Dinâmica de robôs e controlo por força

6. Controlo de robots**6.1. Noções básicas de controlo de sistemas dinâmicos.****6.2. Controlo de braços robóticos em espaço de junta e em espaço cartesiano.****7. Planeamento e geração de trajectórias****7.1. Descrição de trajectórias no espaço e no tempo. Metodologias para geração de trajectórias em manipuladores.****7.2. Considerações computacionais.****8. Sistemas dinâmicos não-lineares para simulação da locomoção****3.3.5. Syllabus:****1. Robotics****1.1. Brief historical review****1.2. Applications examples focusing in physics****1.3. Technical challenges considering implementation****2. Anatomy of robots****3. Spatial transformations and representations****3.1. Spatial descriptions of position, orientation and coordinate systems.****3.2. General orientation transformations****4. Robot kinematics****4.1. Direct.****4.2. Inverse****4.3. Differential.****4.4. Jacobians****4.5. Singularities****4.6. Simulation****5. Robot Dynamics and force control****6. Robots control****6.1. Basic notions of control considering dynamical systems.****6.2. Robot arm control in joint and Cartesian space****7. Planning and trajectory generation****7.1. Trajectories described in space and time. Methods for trajectory generation in robot arms.****7.2. Computational issues.****8. Nonlinear dynamical systems for simulating robots****3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.**

O capítulo 1 pretende exemplificar, descrever e explicar a aplicação da tecnologia robótica às áreas da Engenharia em geral com ênfase na engenharia física e serão explorados os desafios técnicos e científicos das diversas aplicações amostradas.

O capítulo 2 pretende possibilitar a descrição e discriminação das diferentes configurações de robots existentes. Os capítulos 3 e 4 pretendem resolver problemas de robótica da perspectiva da cinemática. Para tal primeiramente necessário expor alguns conceitos fundamentais de representação espacial. Seguidamente, procede-se ao estudo da cinemática directa e inversa e de outras metodologias como os Jacobianos. Estes conceitos serão também demonstrados em simulação.

O capítulo 5 pretende resolver problemas da perspectiva da dinâmica e será explorado também as potencialidades do controlo de força.

O capítulo 6 pretende discutir as diferentes metodologias e os diferentes requisitos envolvidos no controlo de robôs e na conseqüente geração de trajectórias. Para tal, vai-se especificar os requisitos de um robô face ao problema em causa. Este controlo será explorado nos espaços mais relevantes como o Euclidiano e o das juntas.

O capítulo 7 considera a problemática da geração e planeamento de trajectórias consoante os requisitos computacionais, frisando os requisitos da aplicação robótica envolvida.

O capítulo 8 especifica uma determinada metodologia para se conseguir a geração de movimento.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Chapter 1 is intended to exemplify, describe and explain the application of robotics to Engineering focusing in the Physical Engineering. The technical and scientific challenges will be explored according to the discussed applications.

Chapter 2 explains how to describe and distinguish among the different robot configurations.

Chapters 3 and 4 solve robotics problem considering a kinematics perspective. Some fundamental concepts of spatial representation are exposed. Next, the study of the direct and inverse kinematics follows as well as the Jacobians. These concepts are also shown in simulation.

Chapter 5 solves problems considering Dynamics and the force control.

Chapter 6 addresses the different methodologies and requirements involved in the robot control and in the following trajectory generation. This implies to specify the robot requirements considering the current task. This control is explored in the Cartesian and joint space.

Chapter 7 considers the problematic of planning and generating trajectories according to computational requirements, according to the robotics application.

Chapter 8 specifies a certain methodology to generate movement.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os temas serão apresentados em aulas teóricas e teórico-práticas (3h/semana), complementadas com discussão colectiva visando o aprofundamento da matéria leccionada. em sessões posteriores e como forma de aprofundar conceitos e discutir leituras adicionais sobre cada um dos temas. Serão propostos alguns trabalhos práticos e de simulação e os resultados serão depois discutidos. Trabalho prático. Exercícios escritos. Apresentações orais e discussão em grupo.

Métodos de Avaliação:

1. 3 Exercícios escritos e/ou trabalhos práticos para casa ao longo do semestre: 25%;
2. Leitura, revisão e apresentação de um artigo (um por grupo): 25%;
3. Um trabalho de síntese:
4. 2 testes: 50%.
5. Participação na cadeira e comportamento pró-activo:

Os testes são constituídos por uma parte teórica e poderão ter uma parte prática em que cada aluno demonstrará a sua capacidade de usar e programar ferramentas computacionais para a simulação de sistemas robóticos conforme feito na aula.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

- 1 – 3 Written exercises and/or practical work for homework during the semester: 25%
 - 2 - Read, summarize and present a paper (one per group with general discussion): 25%
 - 3 - One work of synthesis:
 - 4 - 2 tests: 50%
 - 5 – Pro-active behaviour and participation in the lectures:
- Note: for approval the classification in each item must be $\geq 8/20$.**

The tests include a theoretical and a practical component. They might include a practical part intended for the student to show his capacity to use and program computational tools for the simulation of robotic systems as did in the class.

These matters also require the integration of these systems in simulation and will be performed in Matlab and simulink.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

É necessário que os alunos mostrem uma atitude pró-activa e participativa nas aulas de exposição e também durante a resolução de exercícios práticos. Como tal, este é um dos itens a ser considerado na avaliação. Esta unidade curricular envolve diversos conhecimentos de álgebra linear, geometria analítica, matemática em geral e física. Como tal requer a execução de diversos exercícios práticos de forma a se compreender os problemas. É portanto necessária a execução de aulas do tipo de exposição, na qual se expõe os conceitos e também de aulas com um carácter mais prático e com a resolução de exercícios. Esta metodologia abrange também a execução de forma individual de trabalhos de casa, que serão posteriormente corrigidos pelo docente. De forma a se poder aferir se estes conhecimentos foram devidamente adquiridos é necessária a integração destes sistemas recorrendo a simulações. Como tal, vai-se recorrer à simulação de alguns sistemas recorrendo a ferramentas como o Matlab e simulink.

A robótica é multidisciplinar e abrange uma vasta gama de disciplinas ou áreas. De forma, a se poder fornecer uma visão mais abrangente desses domínios é necessário que os alunos se defrontem com problemas do estado da arte e também com a solução proposta por grupos e ou/pessoas de renome internacional. Neste sentido, é proposto que cada grupo de dois alunos faça a leitura e cuidada e conseqüentemente apresentação de um artigo que o docente seleccionará dos jornais e/ou conferências mais relevantes.

De forma complementar, é também pedida a execução de um trabalho de síntese avaliado através da entrega de um relatório sobre um tema actual proposto pelo docente.

De forma a se poder avaliar os conhecimentos adquiridos é também proposta a execução de dois testes cobrindo diferentes partes da matéria e estrategicamente colocados no meio e no fim da Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The students must have a pro-active attitude and a participative behavior during classes and also during the resolution of the proposed exercises. Thus, this is one of the items to be considered during evaluation.

This curricular unit involves knowledge of linear algebra, analytics geometry, general mathematics and physics. Therefore, requires the execution of several practical exercises in order to understand the matters. It requires exposition classes in which the matters are explained but also practical classes in which exercises are solved with the students. The proposed teaching methodologies include the execution of individual homework that will be corrected by the teacher afterwards.

In order to correctly evaluate the acquisition of this how-how by the students, these systems will be integrated and evaluated in simulations performed in Matlab and Simulink.

Robotics is highly multidisciplinary and includes a large range of fields. In order to provide for na enlarged perspective of these domains the students have to be faced with state of the art problems and the proposed solution by peer groups with an International recognition. Therefore, it is proposed that each group of two persons

reads a relevant article proposed by the teacher and does the following presentation. The articles will be chosen from the most important journals and/or conferences.

Complementary, it is also demanded a synthesis work evaluated according to the final report about a relevant robotic domain proposed by the teacher.

In order to evaluate the acquired knowledge it is also proposed the execution of two testes that cover different domains of the syllabus and distributed following the taught issues.

3.3.9. Bibliografia principal:

- *“Introduction to Robotics” - McKerrow, Addison Wesley.*
- *“Introduction to Robotics: mechanic and control”, John J. Craig, Addison Wesley.*
- *“A mathematical introduction to robotic manipulation”, R. Murray, Z.Li, S. Sastry, CRC Press.*
- *“Practical motion planning”, edited by K. Gupta, Angel del Pobil, Wiley.*
- *“Robot Motion planning”, Latombe.*
- *IEEE Transaction on Robotics and Automation.*
- *IEEE Transaction on Robotics.*
- *Autonomous Robots, Kluwer Academic publishers.*
- *Journal of Intelligent and Robotic systems, Kluwer Academic publishers.*
- *Annual Rev. Biomedical Engineering.*
- *Specific readings considering relevant article journals. Estas deverão ser lidas por todos os elementos, apresentadas oralmente por cada um dos elementos, e discutidas em grupo.*
- *Robinson, C. J. “Rehabilitation Engineering.” The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition. Ed. Joseph D. Bronzino Boca Raton: CRC Press LLC, 2000*

Anexo IV - Computação Paralela / Parallel Computing

3.3.1. Unidade curricular:

Computação Paralela / Parallel Computing

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Alberto José Gonçalves de Carvalho Proença

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Os sistemas de computação emergentes são arquitecturas paralelas heterogéneas que suportam vários paradigmas de computação paralela e que usam unidades de computação distintas. Estas incluem processadores genéricos (os CPU multi-core atuais) e processadores especializados (DSP ou gpGPU).

Esta UC tem como objetivo desenvolver competências (conhecimentos, e aptidões intelectuais e práticas) em computação paralela, nomeadamente:

Caracterização e avaliação qualitativa/quantitativa de sistemas paralelos, e respetivas unidades de computação heterogénea, nomeadamente CPU multi- e many-core e gpGPU;

Identificação e caracterização dos principais paradigmas de programação paralela existentes, nomeadamente o multi-threading com memória partilhada e distribuída, e o processamento paralelo por comunicação de mensagens;

Desenvolver e melhorar a eficiência de execução de aplicações paralelas em plataformas heterogéneas diversas, com ênfase em métodos numéricos aplicados à computação científica.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Emerging computing systems are heterogeneous parallel architectures that support several parallel computing paradigms and that use several types of computing units. These include general-purpose processors (current multicore microprocessors) and special-purpose processors (DSP or gpGPU).

This curricular unit aims to develop competences (knowledge and intellectual and practical skills) in parallel computing, namely:

- characterization and qualitative & quantitative assessment of parallel computing systems, and associated heterogeneous computing units, namely multi- and many-core microprocessors and gpGPU;

- identification and characterization of the main current parallel computing paradigms, namely the shared and distributed memory multi-threading, and the parallel processing through message communication;

- develop and improve the execution efficiency of parallel applications in diverse heterogeneous platforms, with a focus on numerical methods used on scientific applications.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Análise e avaliação de sistemas de computação paralelos de memória partilhada e distribuída, incl. topologias de

interligação em clusters.

2. Análise da arquitectura de processadores genéricos, ao nível do ILP e de outras formas de paralelismo (em ambiente de memória partilhada/distribuída) e na hierarquia de memória partilhada.

3. Metodologia e modelos de programação paralela: fases: partição, comunicação, aglomeração e mapeamento; programação em ambiente multi-threaded, ferramentas (inc. OpenMP) e linguagens; a comunicação de mensagens em ambiente de memória distribuída (inc MPI).

4. Caracterização dos componentes de aceleração da computação (inc. GPU); modelo de computação de suporte ao CUDA e OpenCL.

5. Projecto de aplicações paralelas, foco na computação científica, contendo: algoritmos paralelos típicos (pipelining, farming, heartbeat e divide & conquer); impacto da granularidade na computação/comunicação; estratégias de distribuição de cargas computacionais e de dados.

3.3.5. Syllabus:

1. Analysis and assessment of shared & distributed memory parallel computing systems, including interconnection topologies in clusters.

2. Analysis of the architecture of general purpose processors, at ILP level and other forms of parallelism (in shared/distributed memory platforms) and at the shared memory hierarchy.

3. Parallel programming methods and models: phases: partition, communication, agglomeration and mapping; programming in multi-threaded environments, tools (inc. OpenMP) and languages; message passing in shared memory platforms (inc MPI).

4. Characterization accelerator computing devices (inc. GPU); computing model to support CUDA and OpenCL.

5. Design of parallel applications, focus on scientific computing, containing: typical parallel algorithms (pipelining, farming, heartbeat and divide & conquer); granularity impact on computation/communication ratio; strategies for data/computing load distribution.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A lista de tópicos que foram definidos para o programa curricular segue de perto a lista de competências que um estudante deverá ter adquirido ao realizar com sucesso esta unidade curricular, de acordo com o proposto para esta UC.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The list of the competences a student will develop if he/she succeeds in this curricular unit on parallel computing closely matches the proposed syllabus.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os temas serão apresentados em aulas de exposição, complementadas com discussão colectiva em sessões posteriores e como forma de aprofundar conceitos e discutir leituras adicionais sobre cada um dos temas. Serão ainda propostos alguns trabalhos experimentais e os resultados serão depois discutidos.

A avaliação inclui (i) uma prova escrita contendo temas para discussão e problemas para resolução criativa, e (ii) realização de trabalhos experimentais individuais/grupo para consolidação e exploração dos temas associados, com elaboração de relatórios, apresentação e defesa de trabalhos.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The main topics will be lectured in exposition classes, complemented with open discussions in later sessions, as a way to deepen concepts and to foster further readings and discussions on themes close to those main topics. The students will also be exposed to lab activities with later open discussions over the results.

The overall assessment includes (i) a written test containing themes for discussion and creative problem solving questions, and (ii) individual/team experimental work to consolidate and explore associated themes, including report writing and presentation and discussion of results.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A análise crítica da organização, arquitectura e desempenho de sistemas de computação requerem a aquisição (e revisão) de conceitos básicos, sendo as aulas teóricas de exposição as mais adequadas para os novos conceitos, e as sessões de discussão pública como forma de revisão de outros conceitos e de aprofundar temas e tecnologias de ponta. Os trabalhos experimentais de avaliação de desempenho permitem uma melhor aquisição de competências práticas.

A metodologia e modelos de programação são melhor apreendidos seguindo uma abordagem similar: conceitos básicos e estruturados leccionados em aulas teóricas, reforço da sensibilização para os problemas de programação através da prática experimental.

A realização de trabalhos experimentais, sob a forma de pequenos projectos e respectiva apresentação e discussão de resultados, complementam a formação no projecto de aplicações paralelas (de computação científica).

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.
A critical analysis of the organization, architecture and performance of computing systems require prior knowledge acquisition (or revisiting) of basic concepts, best accomplished through lectures, complemented with public discussions of previous material and/or advanced technological concepts. Experimental work on performance evaluation leads to better acquisition of practical skills.
To master parallel programming methods and models a similar learning methodology is recommended: structured concepts in lectures, practical/experimental work to get sensibility for the parallel programming issues. Experimental work, as design, implementation, test/evaluation and result discussion of small projects on parallel scientific applications, is still the most adequate approach to complement the training of students in parallel computing.

3.3.9. Bibliografia principal:

Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface, David Patterson and John Hennessy, 4th Ed., Morgan Kaufmann, 2009

Programming Massively Parallel Processors, A Hands-on Approach, David Kirk and Wen-mei Hwu, Morgan Kaufmann, 2010

Designing and Programming Parallel Programs: Concepts and Tools for Parallel Software Engineering, Ian Foster, Addison-Wesley, 1995

Parallel Programming in C with MPI and OpenMP, Michael J. Quinn, McGraw-Hill Education, 2003

Anexo IV - Programação Concorrente / Concurrent Programming

3.3.1. Unidade curricular:

Programação Concorrente / Concurrent Programming

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Paulo Sérgio Almeida

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Modelar sistemas concorrentes

Compreender os principais modelos e primitivas de programação concorrente em memória partilhada

Escrever aplicações concorrentes em memória partilhada

Compreender os principais modelos e primitivas de programação concorrente em sistemas distribuídos

Escrever aplicações concorrentes baseadas em passagem de mensagens

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Model concurrent systems

Understand the principal models and concurrent programming primitives for shared memory

Write concurrent application under shared memory

Understand the principal models and concurrent programming primitives for message passing

Write concurrent applications based on message passing

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Sistemas concorrentes: Processos e threads; Partilha de memória versus passagem de mensagens;

Concorrência em memória partilhada: Exclusão mútua: atomicidade, corridas e secções críticas; mutexes;

granularidade e hierarquias de recursos; two-phase locking; locking hierárquico; Deadlocks; Sincronização via

semáforos; Sincronização via monitores: tipos abstractos de dados concorrentes; variáveis de condição; espera e

semânticas de sinalização; Concorrência em linguagens orientadas a objectos: objecto como monitor, locking

recursivo, monitores aninhados; Modelos de memória: coêrencia sequencial e coerências mais fracas;

Sistemas distribuídos: Canais e portos, send e receive, unicast e broadcast; Modelos síncronos e assíncronos;

Modelos orientados ou não à conexão; Modelo cliente-servidor: padrões pedido-resposta, servidores com ou sem

estado, controlo de concorrência em servidores; Modelo dos actores; Programação concorrente em Erlang;

Algoritmos distribuídos;

3.3.5. Syllabus:

Concurrent systems: processes and threads; shared memory versus message passing; modelling concurrent systems: safety and liveness properties.

Shared memory concurrency: mutual exclusion: atomicity, race conditions and critical sections; mutexes;

granularity and resource hierarchies; two-phase locking; hierarchical locking; deadlocks; Sincronization using

semaphores; Sincronization using monitors: concurrent abstract data-types, condition variables, wait and signal semantics; Concurrency in object-oriented languages: object as monitor, recursive locking, nested monitors; Memory models: sequential consistency, weaker consistencies. Distributed systems: channels and ports, send and receive, unicast and broadcast; synchronous and asynchronous models; connectionless and connection-oriented models; client-server model: request-response patterns, stateful/stateless servers; concurrency control in servers; Actor model; concurrent programming in Erlang; Distributed algorithms.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos focam em modelos e primitivas bem estabelecidas e amplamente usadas para programação concorrente em memória partilhada e distribuída.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus focuses on well established and widely used models and primitives for both shared memory and message passing concurrent programming.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas e exercícios práticos. Exame escrito e trabalho prático.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures and practical classes. Written exam and programming assignment.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Metodologia clássica de ensino, amplamente usada e com muitos anos de provas dadas.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Classical teaching methodology, widely used and with many years of proven results.

3.3.9. Bibliografia principal:

Principles of Concurrent and Distributed Programming: Algorithms and Models, M. Ben-Ari, Prentice-Hall, 2006; Java Concurrency in Practice, Brian Goetz, Tim Peierls, Joshua Bloch, Addison Wesley, 2006 Programming Erlang, Joe Armstrong, OReilly, 2007

Anexo IV - Informação Quântica / Quantum information

3.3.1. Unidade curricular:

Informação Quântica / Quantum information

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Michael Scott Belsley

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Entender o conceito de q-bit como a unidade fundamental de informação quântica. Ser familiar com os conceitos de entrelaçamento quântico e violação de realismo local, entender exemplos de seu uso e caracterização. Entender exemplos de processamento de informação quântica, incluindo teleportação e criptografia quântica. Ser capaz de entender e implementar protocolos existentes de comunicação quântica.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Understand the concept of the q-bit as the fundamental unit of quantum information. Be familiar with the idea of quantum entanglement and non-locality and understand examples of their use and characterization. Understand examples of quantum information processing, including quantum teleportation and quantum cryptography. Be able to understand and implement existing quantum communication protocols.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Noções e sistemas fundamentais de mecânica quântica. Sistemas abertos, a matriz de densidades dos estados. Medidas quânticas, decoerência.

Sistemas quânticos como portadores de informação não-clássica: entrelaçamento e a violação de realismo local.

Introdução à de criptografia quântica, teleportação e troca de entrelaçamento.

Quantificação da Informação quântica: graus de entrelaçamento, fidelidade, compressão de dados quânticos, medidas da entropia.

Implementação de comunicação quântica: geração de pares de fótons entrelaçados, manipulação e deteção de fótons únicos, criptografia quântica e teleportação de q-bits arbitrários.

Distribuição de Chaves Quântica: esquemas conhecidas; reconciliação; amplificação de privacidade; análise de segurança

Cifras Quânticas: OTP quântico; cifras quânticas sequenciais e por blocos; cifras quânticas de chave pública.

Autenticação Quântica: teoria de autenticação clássica; modelo de segurança; autenticação de mensagens e de entidade; assinaturas quânticas

3.3.5. Syllabus:

Fundamental ideas and systems in quantum mechanics. Open quantum systems, the density matrix, quantum measurements and decoherence.

Quantum systems as carriers of non-classical information: entanglement and the violation of local realism.

Introduction to quantum cryptography, teleporatation and the exchange of entanglement.

The quantification of quantum information: degree of entanglement, fidelity, quantum data compression, measures of entropy.

Implementation of quantum communication: the generation of entangled photons, manipulation and detection of single photons, implementing quantum cryptography, the teleportation of arbitrary q-bits.

Distribution of Quantum keys: standard QKD schemes, reconciliation, privacy amplification, security analysis of QKD.

Quantum ciphers: quantum OTP quantum cipher series and blocks; quantum ciphers of public keys

Quantum authentication: the theory of quantum authentication, security models, message and entity authentication, quantum signatures.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objetivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas e teóricas práticas. A avaliação será realizada através da resolução de problemas propostos ao longo do semestre e dois teste ou em alternativa através um exame final.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures and problem sessions. Student evaluation will be done through the resolution of problems assigned throughout the semester and two mid-term exams or alternatively a comprehensive final exam.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 refletem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methods presented in section 3.3.7, reflect the experience acquired over several years from teaching subjects related to the scientific domain of this Curricular Unit. They are in close agreement with the guidelines for evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

M. Nielsen & I. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information Theory (CUP 2000)

Peter Lambropoulos and David Petrosyan, Fundamentals of Quantum Optics and Quantum Information (Springer 2007)

Guihua Zeng, Quantum Private Communication (Springer 2010)

Gilbert Grynberg, Alain Aspect, Claude Fabre, Introduction to Quantum Optics (CUP 2010)

Anexo IV - Processamento de Linguagens e Compiladores / Compilers and Language Processing**3.3.1. Unidade curricular:***Processamento de Linguagens e Compiladores / Compilers and Language Processing***3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):***Pedro Manuel Rangel Santos Henriques***3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:**

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:**Competências Genéricas:***a capacidade de comunicação escrita e oral na apresentação e discussão dos processos usados e resultados obtidos;**a capacidade de utilização de ferramentas genéricas de informática em ambiente Linux e de elaboração de documentos.***Competências específicas de Processamento de Linguagens:***a capacidade de especificar linguagens de domínio específico através de gramáticas e/ou expressões regulares;**a capacidade de desenvolver processadores para essas linguagens;**a capacidade de transformar qualquer formato textual num outro formato;**a capacidade de especificar e implementar “front-ends” e “back-ends” para qualquer tipo de aplicação.***3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:****Generic Capabilities:***To report properly, writing or speaking, all the phases and issues concerned with project development: description, possible approaches, decisions and outcomes;**To use properly generic computer tools, under Linux OS, to develop, deploy and document software projects.***Language Processing Specific Capabilities:***To specify Languages (general purpose, GPL, or domain specific, DSL) using grammars or regular expressions (REXps);**To generate (automatically) language processors (translators, compilers or interpreters) directly derived from grammars or REXps;**To translate systematic and efficiently from any textual forma tinto any other textual format;**To develop separate “front-ends” and “back-ends” to process sentences of any formal language, using appropriate internal representations between FE and BE.***3.3.5. Conteúdos programáticos:***Introdução ao Processamento de Linguagens: a noção de Linguagem e de Gramática, Interpretador versus Compilador; Arquitectura de um processador de linguagens: análise léxica, análise sintáctica e análise semântica; Linguagens Regulares e Análise Léxica; Especificação de linguagens regulares com expressões regulares; Reconhecimento de linguagens especificadas com expressões regulares: o conceito de autómato; Conversão de Expressões Regulares em Autómatos Finitos Determinísticos; A ferramenta flex como gerador de autómatos.**Análise Sintáctica: Linguagens e Gramáticas Independentes de Contexto; Estrutura e funcionamento de um parser; Parsing Top-Down: o Recursivo-descendente e LL(1); Parsing Bottom-UP: LR(0), LR(1) e SLR(1); Utilização da ferramenta yacc como gerador de parsers Bottom-UP.**Análise Semântica e Transformação especificada via Gramáticas Tradutoras (GT) ---Tradução Dirigida pela Sintaxe.***3.3.5. Syllabus:***Introduction to Language Processing: Basic concepts –language and grammar, compiler and interpreter;**Phases in Language Processing: Lexical analysis, Syntactic analysis, Semantic analysis, Transaltion or Code Generation;**Regular Languages and Regular Expressions: development of text filters and lexical analyzers using ERs and the Flex Tool.**Context Free Languages and Context Free Grammars: Syntactic Analysis different approaches -- Recursive-Descent and LL(1), as Top-Down Parsers; LR(0), LR(1), SLR(1) and LALR(1), as Bottom-Up Parsers.**Translation (context free) Grammars and the static and dynamic semantics; Semantic validation and code generation.***3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.**

O conteúdo programático proposto é talhado item a item para fornecer todo o suporte concetual e teórico que permite ao aluno desenhar e especificar linguagens através de instrumentos formais como sejam gramáticas e expressões regulares e ainda lhe permite usar essas especificações para gerar automaticamente os programas necessários para reconhecer e processar as frases dessas linguagens. Assim acredita-se firmemente que com os elementos fornecidos os alunos poderão adquirir em um semestre as capacidades identificadas como objetivo de aprendizagem desta UC.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The contents of this Curricular Unit was tailored in such a way that all the basic concepts, and theory to present approaches, methods and tools concerned with all issues on formal language design, specification, and implementation so that a student can easily plan and built in a systematic and secure way efficient language processors.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nesta unidade curricular segue-se um ensino construtivista e orientado ao estudo de caso, que mais formalmente se pode descrever à custa das vertentes:

Ensino Individualizado: Estudo orientado e Ensino por módulos;

Ensino Socializado: Discussão em pequenos grupos; Brainstorming; Palestras;

Ensino Sócio-Individualizado: Projecto.

A avaliação da aprendizagem envolve: um trabalho de desenvolvimento experimental e escrito, a realizar em grupo, constabanciando uma componente de carácter individual.

Tanto a componente individual como a componente de grupo têm limite de execução temporal bem definido, nunca excedendo o período lectivo. A classificação final é dada na forma:

• 40% da classificação provém da componente prática de grupo;

• 60% da classificação provém da componente individual.

É considerado aprovado o aluno cuja nota final seja superior ou igual a 10 (dez) valores, sendo obrigatório ter classificação positiva em todos os instrumentos de avaliação.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

In this curricular unit we follow a Constructivist Learning method based on a case-oriented approach, as follows:

Individualized Teaching: Oriented studies and Modular Teaching ;

Socializing Teaching: Discussion in small groups, Brainstorming, Lectures;

Socio-Individualized Teaching: Project.

The assessment of learning involves two instruments: an experimental development work and writing, to be held in group, and a practical test of individual character.

Both the individual component as a component of the group have a well-defined time limit, never exceeding the academic year, demanding also the realization of all jobs listed.

The final classification is given in the form:

• 40% of the grade comes from the practical component;

• 60% of the grade comes from the individual practice component.

It is considered approved student whose final grade is greater than or equal to 10 (ten), and must be rated positively in all assessment tools.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os objectivos fixados para a Unidade Curricular aconselham a adopção de uma metodologia dinâmica, capaz de articular teoria e prática que incentive a participação dos alunos. A metodologia proposta vai exactamente nesse sentido.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The aims fixed for this Curricular Unit and the competences to develop require the choice and implementation of a dynamic teaching methodology, able to correctly articulate theory and practice and, furthermore, to foster students participation in the classroom. The proposed methodology has exactly such a profile.

3.3.9. Bibliografia principal:

Aho , Sethi , Ullman , Compiler Principles, Techniques and Tools , Addison-Wesley , 1986;

R. G. Crespo , Processadores de Linguagens: da concepção à implementação, IST-Press , 1998;

Pittman , Peters , The Art of Compiler Design: theory and practice , Prentice-Hall , 1992.

Anexo IV - Física e Tecnologia dos Materiais / Physics and Technology of Materials**3.3.1. Unidade curricular:***Física e Tecnologia dos Materiais / Physics and Technology of Materials***3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):***Luís Manuel Fernandes Rebouta***3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:***Senentxu Lanceros-Mendez***3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:**

A. 1) Contabilidade energética. Energias renováveis e não-renováveis. 2) Semicondutores bulk; filmes finos; nanoestruturas; absorção óptica e defeitos; fotossensibilidade e efeito PV; 3) Células solares de: bolacha de Silício; compostos III-V; filmes finos; novos conceitos. 4) Eficiência de conversão e painel PV. 5) Efeitos Seebeck e Peltier. Junções termoelétricas e figura de mérito. 6) Macro, micro e nanodispositivos termoelétricos.

B. Identificar os materiais piezoelétricos e as grandezas físicas que estes relacionam. Calcular as respostas destes materiais aos diferentes estímulos.

Compreender as técnicas experimentais necessárias para o desenvolvimento e caracterização das respostas físicas dos materiais inteligentes. Identificar situações práticas nas quais estes materiais podem ser implementados. Desenvolver o espírito científico e crítico, e a sensibilidade à utilização deste tipo de materiais. Analisar e compreender artigos científicos de investigação nesta área.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

A. 1) Energetic accounting. Renewable and non-renewable energy. 2) bulk semiconductors, thin films, nanostructures, optical absorption and defects, photosensitivity and PV effect, 3) solar cells, silicon wafers, III-V compounds, thin films, new concepts. 4) Conversion efficiency and PV panel. 5) Peltier and Seebeck effects. Thermoelectric junctions and figure of merit. 6) Macro, micro and nanoscale thermoelectric devices.

B. Identify the piezoelectric materials and relate these physical quantities. Calculate the response of these materials to different stimuli.

Understand the experimental techniques necessary for the development and characterization of the physical responses of smart materials. Identify practical situations in which these materials can be implemented. Develop the scientific spirit and critical, and sensitivity to the use of such materials. Analyze and understand scientific articles on research in this area.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

A.1) O panorama energético global.

2) Materiais fotovoltaicos: produção e caracterização.

3) Células solares de 1ª, 2ª e 3ª gerações.

4) Fabrico de células e de painéis solares.

5) Materiais termoelétricos.

6) Dispositivos termoelétricos.

B. Materiais piezoelétricos, electroactivos e electrostrictivos:

1) Materiais ferroelétricos. Descrição do comportamento dielétrico e os mecanismos de polarização. 2) Materiais piezoelétricos e suas características. 3) Efeito piezoelétrico directo e efeito piezoelétrico inverso. 4) Relações constitutivas para o efeito piezoelétrico linear. 5) Modos de operação de um transdutor piezoelétrico. 6) Força dinâmica e sensibilidade ao movimento. 7) Materiais electrostrictivos e suas características. 8) Modelos de electrostrictão baseados na polarização. 9) Aplicações

3.3.5. Syllabus:

A. 1) The global energy outlook.

2) Photovoltaic materials: production and characterization.

3) Solar cells of 1st, 2nd and 3rd generations.

4) Manufacture of solar cells and panels.

5) Thermoelectric materials.

6) Thermoelectric devices.

B. Piezoelectric, electroactive and electrostrictive materials:

1) Ferroelectric materials. Description of the behavior and the mechanisms of dielectric polarization. 2)

Piezoelectric materials and their characteristics. 3) Direct piezoelectric effect and inverse piezoelectric effect. 4)

Constitutive relations for the linear piezoelectric effect. 5) Modes of operation of a piezoelectric transducer. 6)

Dynamic force and motion sensitivity. 7) Electrostrictive materials and their characteristics. 8) Electrostriction

models based on polarization. 9) Applications

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas e teórico-práticas serão orientadas de modo a poder servir melhor os objectivos da unidade curricular. Em geral, nas aulas teóricas serão introduzidos os elementos teóricos necessários para ir ao encontro dos resultados de aprendizagem. Os materiais de apoio das aulas são disponibilizados através da plataforma de e-learning. Nas aulas teórico-práticas serão revolidos, ou tiradas dúvidas acerca dos problemas previamente apresentados aos alunos.

A avaliação individual será efectuada por meio de dois testes, que terão ênfase em aplicações em situações concretas de interesse prático.

Os alunos são obrigados a participar na componente de avaliação periódica feita em grupo nas aulas. Os exercícios propostos nas aulas podem ser resolvidos através de consulta do material pedagógico. Todos os alunos terão de realizar um trabalho prático e fazer a sua discussão numa apresentação oral, que consistirá na terceira componente de avaliação.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies, including theoretical and practical lessons will be targeted in order to better serve the objectives of course unit. In general, in the lectures it will be introduced the theoretical elements needed to meet the learning outcomes. The materials used in classes will be made available in the e-learning platform of University of Minho. In practical classes will be turned over or taken questions about the issues previously presented to the students.

The individual evaluation shall be made by means of two tests, which will focus on applications in concrete situations of practical interest.

Students are required to participate in an evaluation component done in group in class. In this periodic evaluation component, the students should solve several exercises during the class.

All students must also carry out a practical work and discuss it though an oral presentation, which will be the third evaluation component.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

The Physics of Solar Cells, Jenny Nelson, Imperial College Press (2003) ISBN: 978-1-86094-349-2(pbk)

"Engineering Analysis of Smart Material Systems", Donald J. Leo, John Wiley and sons, Inc., New Jersey, 2007 (ISBN 978-0-471-68477-0)

Anexo IV - Fotónica II / Photonics II

3.3.1. Unidade curricular:

Fotónica II / Photonics II

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Michael Scott Belsley

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Aluno deverá atingir um nível avançado de entendimento sobre o funcionamento de sistemas fotónicos incluindo

os princípios fundamentais óticos, e implementações técnicas. Especificamente:

- *Conceitos chaves de guias de ondas*
- *Ideias fundamentais de processamento de sinais usando ótica Fourier;*
- *Interação da luz com materiais semicondutores*
- *Entendimento das ideias chaves de sistemas ótica da comunicação incluindo multiplexagem, comutação ótica dispersão e atenuação;*
- *A capacidade de avaliar especificações de dispositivos e componentes óticas de uma gama larga das aplicações tecnológicas;*
- *Entender os conceitos chaves de desenhos e princípios de funcionamento de sistemas e instrumentos optoelectrónicos incluindo segurança, constrangimentos mecânicos e óticas, e as características técnicas de aplicações variadas.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Students should achieve the an advanced level understanding of photonics systems, including their underlying optics principles, application scope, technological implementation, specifically:

- *Key concepts of optical waveguide technology*
- *Basics of Fourier optical signal processing;*
- *Appreciation of light interaction with materials that includes scattering and absorption*
- *Good understanding of key ideas behind the optical communications systems, wavelength division multiplexing, optical switching, and also optical dispersion and attenuation;*
- *Ability to evaluate specifications of source devices, components and systems from a broad range of commercial optoelectronic technologies;*
- *An understanding of key design issues and principles of operation of a range of optoelectronic systems and instruments, including safety, mechanical constraints, packaging and the requirements of different applications*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1- *Ótica integrada: guias de onda e acoplamento modal;*
- 2- *Fibras óticas e redes de Bragg*
- 3- *Materiais fotónicos*
- 4- *Processamento de sinal óptico: Ótica de Fourier*
- 5- *Multiplexagem por Divisão de Tempo e por Divisão de Frequência*
- 6- *Desenho de sistemas optoelectrónicos: integração de elementos básicos como modeladores, componentes de polarização, elementos dispersivos ou guias de ondas num circuito óptico.*
- 7- *Fotões e Semicondutores*
- 8- *Fontes de Fotões Semicondutoras*
- 9- *Detectores de Fotões Semicondutores*
- 11- *Ótica ultra-rápida*
- 12- *Interacção de feixes muito intensos com matéria: ablação laser, e processamento dos materiais.*

3.3.5. Syllabus:

- 1- *Integrated Optics wave guides and modal coupling;*
- 2- *Fiber optics and Bragg gratings*
- 3- *Photonic materials*
- 4- *Optical signal processing and an introduction to Fourier Optics*
- 5- *Multiplexing by division in time and division in frequency*
- 6- *Designing optoelectronic systems: integrating Basic elements such as modulators, polarization components, dispersive elements and wave guides in optical set-ups.*
- 7- *The interaction of light with semicondutors*
- 8- *Semiconductor radiation sources*
- 9- *Semiconductor radiation detectors*
- 10- *Introduction to ultrafast optics*
- 11 *The interaction of extremely intense radiation beams with materials: laser ablation and the processing of materials.*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas, teóricas práticas e práticas. A avaliação será realizada através da resolução de problemas propostos ao longo do semestre e relatórios sobre os trabalhos práticos e dois testes sobre a material teórica.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures and problem sessions and laboratory sessions. Student evaluation will be done through the resolution of problems assigned throughout the semester, written laboratory reports and two written tests.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 refletem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methods presented in section 3.3.7, reflect the experience acquired over several years from teaching subjects related to the scientific domain of this Curricular Unit. They are in close agreement with the guidelines for evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

Bahaa E. A. Saleh and Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics (Wiley 2007)

Shun Lien Chuang, Physics of Photonic Devices (Wiley, 2009)

William M. Steen, Jyotirmoy Mazumder, Kenneth G. Watkins, Laser Material Processing (Springer 2010)

Amnon Yariv and Pochi Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications (OUP 2006)

Anexo IV - Fundamentos de Física de Microsistemas / Fundamentals and Physics of Microsystems**3.3.1. Unidade curricular:**

Fundamentos de Física de Microsistemas / Fundamentals and Physics of Microsystems

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Mikhail Igorevich Vasilevskiy

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Adquirir conhecimentos fundamentais sobre os fenómenos físicos relevantes à tecnologia de fabrico e o funcionamento de dispositivos modernos, nomeadamente:

Aplicar a lei de Hooke generalizada para estabelecer a relação entre os estados de tensão e de deformação de materiais e dispositivos, na presença de forças externas, variação da temperatura e gradiente de composição.

Descrever deformações estáticas e ondas elásticas em hastes e membranas finas e ainda ondas de superfície.

Identificar os modelos de fluidos ideais e reais e conhecer as principais equações que descrevem o seu movimento. Avaliar os números de Reynolds e de Prandtl e analisar qualitativamente o tipo de dinâmica de fluidos.

Descrever fenómenos de contacto entre um sólido e um líquido, tais como o humedecimento e a camada carregada de Gouy-Chapman.

Analisar os fenómenos de transporte difusivo de partículas e de calor e aplicar as respectivas equações diferenciais à situações de interesse prático.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Fundamental knowledge of the physical phenomena relevant to the fabrication technology and operation of modern devices, namely:

Application of generalized Hooke's law to the establishment of the relation between the strain and stress states of materials and devices, in the presence of external forces and temperature and composition gradients;

Description of static deformations and elastic waves in rods and thin membranes, and surface waves;

Understanding of models of ideal and real fluids and identification of the principal equations that describe their motion; evaluation of the Reynolds e de Prandtl numbers and qualitative analysis of the fluid dynamics;

Description of contact phenomena between a solid and a fluid, moistening and Gouy-Chapman charged layer;

Analysis of the diffusive transport phenomena of particles and heat and application of appropriate differential equations to the situations of practical interest.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Elasticidade (relação tensão/deformação para meios isotrópicos e cristais; expansão térmica e deformação causada por ela; deformação causada por impurezas e a lei de Vegard, deformação isomorfa em heteroestruturas;

deformações e ondas elásticas em hastes e membranas; ondas de Rayleigh).

Mecânica de fluidos à micro e nanoescala (elementos de hidrodinâmica: movimento potencial dum fluido perfeito, fluidos reais e as equações de Navier-Stokes, análise dimensional e o princípio de similaridade; fluxo laminar e patterning em microdispositivos; tensão superficial e electrowetting).

Condução térmica em fluidos e sólidos (equação geral de condução térmica num fluido; análise dimensional da condução térmica em líquidos e o número de Prandtl; convecção livre e forçada; equação de Fourier e a algumas soluções relevantes). Difusão atômica / molecular em fluidos e sólidos (as leis de Fick, o coeficiente de difusão e a sua variação com a temperatura; movimento Browniano, difusão ambipolar, mescla)

3.3.5. Syllabus:

Elastic deformation theory (strain/stress relation for isotropic solids, thermal expansion and related deformation, strain produced by doping and Vegard's law, isomorphic deformation in heterostructures, strain and elastic waves in rods and membranes, Rayleigh waves),

Fluid mechanics at micro and nanoscale (elements of hydrodynamics, potential motion of a perfect fluid, real fluids and Navier-Stokes equations, dimensional analysis and similarity principle, laminar flux and patterning in microdevices, surface tension and electrowetting);

Heat conduction in fluids and solids (general equation of heat conduction in fluids, dimensional analysis of heat conduction and Prandtl number, free and forced convection, Fourier equation and some relevant solutions);

Atomic/molecular diffusion in fluids and solids (Fick's law, diffusion coefficient and its temperature dependence, Brownian motion, ambipolar diffusion, mixing).

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objectivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The syllabus defined for this Curricular Unit was defined according to the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas e teórico práticas. Avaliação por testes e exame final.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures and problem solving classes. Evaluation by 2-3 tests during the semester and final exam.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As metodologias de ensino apresentadas no ponto 3.3.7 reflectem a experiência adquirida ao longo dos anos no ensino da área científica desta Unidade Curricular, estão ainda de acordo com os critérios de avaliação globalmente definidos para a Universidade do Minho e são coerentes com a tipologia desta Unidade Curricular.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The teaching methodologies presented in section 3.3.7, reflect the experience over the years on teaching the matters related to the scientific domain of this Curricular Unit, are in close agreement with the guidelines for the evaluation at the University of Minho and are consistent with the typology of this Curricular Unit.

3.3.9. Bibliografia principal:

** L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Theory of Elasticity, Pergamon e outras editoras.*

** M.E. Curtin, An Introduction to Continuum Mechanics, Academic Press (1981).*

** B.J. Kirby, Micro- and Nanoscale Fluid Mechanics: Transport in Microfluidic Devices. Cambridge University Press (2010) <http://www.kirbyresearch.com/textbook>.*

** L.D. Landau, E.M. Lifshitz, "Hydrodynamics", Pergamon e outras editoras*

** R.A. Granger, "Fluid Mechanics", Dover (1995).*

** P. Tabeling, Introduction to Microfluidics. Oxford (2005).*

** N.-T. Nguyen and S. Wereley, Fundamentals of Microfluidics. Artech House (2006).*

** H.S. Carslaw and J.C. Jaeger, "Conduction of Heat in Solids", Clarendon e outras editoras.*

Anexo IV - Circuitos Integrados Analógicos / Analog Integrated Circuits

3.3.1. Unidade curricular:

Circuitos Integrados Analógicos / Analog Integrated Circuits

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Graça Maria Henriques Minas

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Recolher e interpretar os conhecimentos sobre os conceitos básicos de microelectrónica. Examinar circuitos amplificadores e circuitos não-lineares. Desenhar estruturas analógicas para fabrico em qualquer fundição de silício. Projectar circuitos integrados analógicos. Interpretar e avaliar o desempenho de circuitos amplificadores e circuitos não-lineares.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

Explain the knowledge about the basic concept of microelectronics. Interpret amplifier circuits and non-linear circuits. Design analog structures for fabrication in a silicon foundry. Design integrated analog circuits. Comment on and evaluate the performance of amplifiers circuits and non-linear circuits.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1 -Modelo analógico dos MOSFET's*
- 2-Current sources and sinks*
- 3-References*
- 4-Amplificadores*
- 5-Amplificadores com realimentação*
- 6-Amplificadores diferenciais*
- 7-Amplificadores operacionais*
- 8-Projecto de um comparador em CMOS e sua caracterização*
- 9- Projecto de um comparador em CMOS com relógio e sua caracterização*
- 10-Conversores analógico – Digitais, e.g. o conversor Sigma-Delta em circuito integrado.*

3.3.5. Syllabus:

- 1- MOSFET's analog model*
- 2-Current sources and sinks*
- 3-References*
- 4- Amplifiers*
- 5-Feedback amplifiers*
- 6-Diferencial amplifiers*
- 7-Operational amplifiers*
- 8-Design a CMOS comparator and characterize it*
- 9- Design a clocked CMOS comparator and characterize it*
- 10- Analog-Digital converters, e.g, sigma-delta converter in integrated circuit*

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Esta UC tem início com o estudo do MOSFET como componente analógico e o seu modelo para poder ser utilizado no projecto e desenho dos circuitos integrados. Uma vez que todos os circuitos analógicos em CMOS são feitos com MOSFETs é importante o seu bom conhecimento e o saber caracterizá-lo adequadamente. Nos capítulos 2 e 3 são abordados circuitos com MOSFETs para serem utilizados como referência quer de corrente, quer de tensão.

A partir do capítulo 4 é demonstrado uma série de circuitos analógicos em CMOS, suas características e métodos para melhorar o desempenho desses circuitos.

No fim desta UC os alunos aprenderam o componentes utilizado em todos os circuitos CMOS e o projecto e desenho dos circuitos analógicos mais utilizados em microelectrónica.

Estas ferramentas possibilitam os alunos que desenhar microelectrónica em CMOS numa fundição de silício.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The UC starts with the MOSFET as analogical component and its model in order to be used in the design of integrated circuits. Once all analogical circuits in CMOS are made with MOSFETs, it is important to know it well and know characterize it adequately.

In chapters 2 and 3 there are studied circuits with MOSFETs for being used as current and voltage reference.

From chapter 4 to the end, it is demonstrated several analogical circuits in CMOS, its characteristics and method for improve the performance of these circuits.

In the end of this UC the students learned the component used in all CMOS circuits and the design of the analogical

circuits more used in microelectronics.

These tools give them the possibility to make CMOS microelectronics in a silicon foundry.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas/ Exercícios Práticos / Aulas laboratoriais / Trabalhos propostos nas aulas e realizados quer nas aulas, quer fora das aulas.

Métodos de Avaliação:

Exame final e trabalhos propostos nas aulas e realizados quer nas aulas, quer fora das aulas.

A classificação final é obtida através da seguinte expressão $0.6 \times NE + 0.4 \times NTPC$, em que NE representa a nota obtida no exame e NTPC representa a média das notas obtidas nos trabalhos realizados nas aulas e fora das aulas.

São aprovados apenas os alunos com a classificação superior ou igual a 9.5 valores no NE e classificação final superior ou igual a 10 valores e que tenham garantido todos os pré-requisitos impostos nas diversas fases.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Classes / Practical exercises / laboratorial classes / proposed project work in the classes and performed either in the classes, either outside classes.

Evaluation:

Final exam and proposed project works in the classes and performed either in the classes, either outside classes.

The final classification is obtained by: $0.6 \times NE + 0.4 \times NTPC$, where NE is the mark of the exam and NTPC is the average mark of the classifications obtained in the project work.

The student approved in the curricular unit need to have minimal classification of 9.5 in the NE and final classification equal or superior to 10 and all pre-requirements in the several phases.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Dois factos são de especial relevância: a forte componente de trabalho individual e a forte componente de trabalho em grupo. As duas componentes incidem na filosofia de ensino-aprendizagem preconizada no curso: ensino centrado no aluno. A forte componente de trabalho em grupo fornecerá aos alunos várias valências fundamentais para o seu futuro profissional tais como a distribuição de tarefas, responsabilização colectiva, gestão de conflitos, entre outros. Os grupos terão um papel relevante na elaboração, execução e discussão nas aulas teóricas.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Two factors are of special relevance: the strong component of individual and group work. These 2 components fall upon in the teaching - learning philosophy: education centred in the student. The strong component of group work will give to the students several skills for their professional future such as the tasks distribution, collective responsibility, conflict management, among others. The groups will have an important role in the preparation, execution and discussion in the theoretical classes.

3.3.9. Bibliografia principal:

1. CMOS, circuit design, layout, and simulation, R. J. Baker, H. W. Li, D. E. Boyce, IEEE PRESS SERIES in Microelectronics Systems, ISBN-0-7803-3416-7, 1998, USA.

2. Analysis and design of analog integrated circuits, P.R. Gray, R. G. Meyer, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., ISBN-0-471-57495-3, 1993, USA.

3. Digital integrated circuits: a design perspective, J. Rabaey, Prentice-Hall, 1996.

4. Sebenta e Acetatos das aulas/ Notebook and Slides from classes

Anexo IV - Micro e Nanofabricação / Micro and nanofabrication

3.3.1. Unidade curricular:

Micro e Nanofabricação / Micro and nanofabrication

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Paulo Mateus Mendes

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

Esta Unidade Curricular terá a colaboração de investigadores do International Iberian Institute of Nanotechnology (INL)

/ This unit will have the collaboration of researchers from the International Iberian Institute of Nanotechnology (INL)

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

1) Conhecer as técnicas de litografia ótica, de feixe de electrões, de feixe iónico e de raios-X.

2) **Compreender os conceitos de seletividade, taxa de gravação, gravação anisotrópica/isotrópica, dimensões mínimas.**

3) **Conhecer os materiais para lift-off, o perfil da máscara fotossensível, o perfil das estruturas definidas.**

4) **Dominar as técnicas de PVD, de feixe iónico (IBD) e de evaporação para a deposição de metais.**

5) **Dominar as técnicas de CVD, PVD e de feixe iónico para a deposição de dielétricos.**

6) **Distinguir entre planarização local e global.**

7) **Explicar as técnicas de corte, montagem em chip-carrier ou PCB, wire bonding, flip-chip.**

8) **Conhecer as dimensões críticas, arquitetura, especificações técnicas, materiais utilizados e filmes de passivação para as indústrias de gravação magnética, de MRAMs, de biosensores e de microssistemas.**

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

1) **Learn the techniques of optical lithography, electrons beam lithography, the ion beam lithography and X-ray lithography. Resolution and minimum dimensions. Direct writing, multilevel, hard masks. Industry requirements.**

2) **Understand the concepts of selectivity, etch rate, anisotropic / isotropic etching, minimum dimensions.**

3) **Know the materials for lift-off, the profile of the photoresist mask, the profile of structures.**

4) **Master the techniques of PVD, ion beam (IBD) and evaporation for the deposition of metals.**

5) **Master the techniques of CVD, PVD and ion beam for deposition of dielectrics.**

6) **Distinguish between local and global planarization.**

7) **Explain the techniques of cutting, chip-carrier assembly and PCB, wire bonding and flip chip.**

8) **Know the critical dimensions, architecture, technical specifications, materials and passive films for the magnetic recording industry, the MRAM industry, the biosensor and microsystems industry.**

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1) **Litografia ótica, de feixe de eletrões, de feixe iónico e de raios-X. A escrita direta, multinível, máscaras duras.**

Requisitos da indústria

2) **Gravação (Etching). Seletividade, taxa de gravação, anisotropia/isotropia, dimensões mínimas**

3) **Lift-off. Perfil da máscara fotossensível, perfil da estrutura definida**

4) **Deposição de metais: PVD, feixe iónico (IBD), evaporação. Taxa de deposição, adesão, contaminações, estequiometria, rugosidade, uniformidade, temperatura de deposição**

5) **Deposição de dielétricos: CVD, PVD, feixe iónico. Estequiometria, espessura, taxa de deposição, adesão, contaminações, índice de refração, dureza, tensão de rutura, rugosidade, uniformidade, temperatura de deposição.**

6) **Planarização**

7) **Técnicas de encapsulamento: corte, montagem em chip-carrier ou PCB, wire bonding, flip-chip**

8) **Requisitos da indústria de gravação magnética, MRAMs, biosensores e microssistemas: dimensões críticas, arquitetura, especificações técnicas, materiais utilizados e filmes de passivação**

3.3.5. Syllabus:

1) **Optical, electron beam, ion beam and X-rays lithographies. Direct writing, multilevel, hard masks. Industry requirements.**

2) **Etching. Selectivity, etching rate, anisotropy / isotropy, minimum dimensions.**

3) **Lift-off. Photoresist mask profile, defined structure profile.**

4) **Metal deposition: PVD, ion beam (IBD), evaporation. Deposition rate, adhesion, contamination, stoichiometry, roughness, uniformity, deposition temperature.**

5) **Deposition of dielectrics: CVD, PVD, ion beam. Stoichiometry, thickness, deposition rate, adhesion, contamination, refractive index, hardness, stress rupture, roughness, uniformity, deposition temperature.**

6) **Planarization.**

7) **Packaging techniques: cut, chip-carrier and PCB assembly, wire bonding, flip chip.**

8) **Requirements of the magnetic recording industry, MRAMs, biosensors and microsystems: critical dimensions, architecture, technical specifications, materials and passive films.**

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Esta UC está centrada nas técnicas de micro e nanofabricação na perspetiva da formação de técnicos superiores com uma compreensão científica profunda desta área tecnológica de futuro e dos desafios que lhe estão colocados. Daí a exigência de conteúdos científicos extensivos para a compreensão desta alta-tecnologia. A UC pretende simultaneamente dar formação que origine técnicos treinados no fabrico, desenho e dimensionamento de sistemas nanoeletrónicos concretos. Daí os objetivos de aprendizagem relacionados com o desenho e fabrico de nanoestruturas eletrónicas que são, em parte, comuns às técnicas de fabrico de microtecnologia. Em geral, os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objetivos apresentados no ponto 3.3.4.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

This UC is focused on micro and nanofabrication techniques and it aims at training senior engineers possessing a deep scientific understanding of this novel area and the technological challenges that it faces. Hence the need for extensive scientific content laying down the basis for the understanding of this high-tech field. The UC also aims to

provide training in the manufacture, design and dimensioning of concrete nanoelectronic systems. Hence the learning objectives related to design and manufacture of electronic nanostructures which happen to be partly common to the microelectronic manufacturing techniques.

In general, the program content defined for this course is prepared in accordance with the objectives presented in section 3.3.4.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os alunos realizam 3 trabalhos isolados (3 h cada) e depois passam cerca de 1.5 mês a realizar uma folha de run para microfabricação de um dispositivo completo. Os trabalhos práticos serão baseados: um em deposição de metais/óxidos e sua caracterização, outro em litografia, outro em etching (comparando wet etch, RIE e Ion milling). Para a avaliação contam estes trabalhos, a preparação de uma folha de run para microfabricar um dispositivo completo, e a sua discussão oral.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Students will perform three self-contained works (3 h each) and then spend about 1.5 months making a run sheet for a complete device microfabrication. Practical projects will be about: the deposition of metals / oxides and their characterization, another in lithography, a third one in etching (comparing wet etch, RIE and ion milling). The evaluation will be based on the results of the projects, on the preparation of a runsheet for the microfabrication of a complete device, and their oral discussion.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Espera-se desta UC que ajude a formar engenheiros de fácil colocação no mercado de trabalho, pelas suas sólidas bases científicas nas áreas subjacentes à nanoeletrónica, pelos conhecimentos alargados e fundados na experiência dos processos de nanofabricação, e com uma pré-disposição para a interdisciplinaridade e a inovação – uma característica “genética” da nanotecnologia. Para atingir esse fim, a UC está desenhada de modo a combinar uma componente teórico-científica importante com uma componente experimental e de saber fazer não menos importante. Para o completo sucesso desta última, pretende-se tirar partido das competências instaladas no International Iberian Institute of Nanotechnology (INL). Assim, prevê-se que os alunos desenvolvam trabalhos experimentais em grupos utilizando tecnologias de sala limpa e/ou outras tecnologias de micro/nanofabricação disponíveis no INL. A busca de coerência entre as metodologias de ensino e os objetivos de aprendizagem levou às seguintes opções:

- i) Oferecer aos alunos o contacto mais abrangente possível com laboratórios e trabalhos experimentais, em que possam aprender fazendo;*
- ii) entregar aos alunos um considerável volume de material bibliográfico e de problemas para resolver de maneira a permitir-lhes progredir por si próprios, de acordo com o seu ritmo individual;*
- iii) estimular o trabalho em grupo, como forma de aprendizagem e de organização. Os grupos terão um papel mais relevante nas aulas laboratoriais e numa parte das horas de estudo;*
- iv) propor um esquema de avaliação da aprendizagem variado, assente em instrumentos de avaliação diversificados, individuais e em grupo, distribuídos temporalmente ao longo do semestre letivo e que reflita as diversas componentes da disciplina.*

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

It is expected from this curricular unit (UC) that it will help train engineers who will easily gain access to the labor market, due to their solid scientific background, to their knowledge and experience of nanofabrication processes, and because of their predisposition for interdisciplinary and innovative work – a characteristic that lays deep in the “genes” of nanotechnology. To that end, the UC is designed as a combination of a scientific theoretical component, with an important experimental hands-on component. In order to succeed, this last component requires the support, expertise and state-of-the art installations of the International Iberian Institute of Nanotechnology (INL). Thus, it is expected that students develop experimental work in groups using clean room technology and / or other technologies for micro /nanofabrication.

The search for coherence between teaching methodologies and learning objectives led to the following options:

- i) Provide students with the widest possible contact with laboratories and experimental work, where they can learn by doing;*
- ii) give students a considerable amount of bibliographic material and problems to solve in ways that allow them to progress by themselves, according to their individual pace;*
- iii) encourage group work as a way of learning and organization. The groups will have a greater role in laboratory classes and in part of the study hours;*
- iv) to fulfill a scheme of learning evaluation based on varied assessment tools, both at individual and group levels, distributed in time throughout the semester, reflecting the various components of the discipline.*

3.3.9. Bibliografia principal:

“Nanoelectronics and Information Technology, Advanced Electronic Materials and Novel Devices”, Rainer Waser (Ed), Wiley-VCH (2003).

“Fundamentals of microfabrication: the science of miniaturization”, Marc J. Madou, Taylor & Francis, Inc., 2nd

Edition, New York (2002)

Anexo IV - Sistemas electrónicos de imagem médica e radioisótopos/Medical imaging electr. syst. radioisotopes

3.3.1. Unidade curricular:

Sistemas electrónicos de imagem médica e radioisótopos/Medical imaging electr. syst. radioisotopes

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Higinio Gomes Correia

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

<sem resposta>

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Distinguir e compreender o princípio de funcionamento dos diferentes tipos de equipamento para imagem médica.

Instalação e operacionalidade de equipamentos: TAC, PET e MRI.

Praticar e otimizar a performance de sistemas como o TAC.

Comparar os novos métodos de análise por cápsulas intra-corporais para exames ao cólon e esófago com os tradicionais como a colonoscopia e endoscopia alta.

Uso de radioisótopos em exames médicos, e.g. o FDG no caso do PET.

Uso de materiais paramagnéticos para marcadores em exames clínicos de MRI (e.g. Gadolinio, partículas de óxido de Ferro).

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

To compare and to understand the principle of working of different medical imaging equipments.

Installation and mounting systems as CT, PET and MRI.

Practical knowledge of CT systems.

To compare the news methods of diagnostic by endoscopic capsules for colon, esophagus examinations with traditional colonoscopy and high endoscopy.

To use radioisotopes in medical examinations, e.g. FDG in PET examinations.

To use paramagnetic materials as markers in clinical exams of MRI (e.g. Gadolinium, particles of iron oxide).

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Radiografia (convencional e digital): Sistemas de detecção utilizados: painéis fosforescentes fotoestimulados, sistemas baseados em TFTs com conversão directa e indirecta.

2. Tomografia Axial Computorizada (convencional e em espiral): Formação da imagem e sistemas de aquisição da imagem.

3. Câmara gama, SPECT e tomografia de emissão de positrões (PET): formação e aquisição de imagem.

4. Imagiologia por Ressonância Magnética por Imagem (MRI)

5. Cápsula endoscópica.

6. Radioisótopos (técnicas de medicina nuclear).

7. Produção de rádio-nuclídeos de vida curta para PET

3.3.5. Syllabus:

1. Radiography (conventional and digital): detection systems used: glowing panels with Phosphorus, TFT systems with direct and not direct conversion.

2. CT (conventional and in spiral): formation of the image and image acquisition systems.

3. Gama camera, SPECT and PET systems: image acquisition systems.

4. Magnetic Resonance Imaging – MRI

5. Endoscope capsule

6. Radioisotopes (nuclear medicine techniques).

7. Production of radionuclides with short-life for PET systems

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Esta UC é a introdução a conceitos básicos dos sistemas de imagem médica. Na prática são desenvolvidos algumas técnicas de processamento de imagem médica para as imagens obtidas nestes equipamentos.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

This course is an introduction to basic concepts of medical imaging systems. In the practical lectures are presented and developed a few techniques of medical image processing for images obtained in these equipments.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas presenciais teóricas e laboratoriais, com destaque para as técnicas de processamento de imagem médica. Avaliação por exame final (50%) e nota prática obtida no desempenho nas aulas laboratoriais (50%).

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical and laboratorial lectures with the teaching of medical image processing techniques. The assessment is based in final examination (50%) and the value obtained in the laboratorial class (50%)

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A avaliação é dividida pela parte teórica e prática. Nesta UC a parte laboratorial é fundamental para aprendizagem das técnicas de processamento de imagem médica (básicas e avançadas).

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The assessment is divided by theoretical and practical parts. In this course the laboratorial part is fundamental for learning the techniques of medical image processing (basics and advanced).

3.3.9. Bibliografia principal:

S. Webb (ed.), The physics of Medical Imaging, IOP, 1998.

J. J. Carr, J. M. Brown, Introduction to Biomedical Equipment Technology, Prentice Hall, 1998

L.A. Geddes and L.E. Baker, Principles of applied biomedical instrumentation, Wiley, New York 1989.

Medical imaging physics, Hendee WR e Ritenou ER, Wiley-Liss, 4th ed., 2002.

MRI, basic principles and applications, M. A. Brown and R.C. Semelka, Wiley-Liss, Hoboken, N.J., 2003

Anexo IV - Comunicações e Redes / Networks and Communications**3.3.1. Unidade curricular:**

Comunicações e Redes / Networks and Communications

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Alexandre Júlio Teixeira dos Santos

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

a. avaliar e caracterizar infraestruturas de redes de comunicações.

b. aplicar metodologias de desenvolvimento por camadas em redes de comunicações.

c. avaliar e seleccionar equipamentos de interligação em rede, especialmente para ambientes IP;

d. seleccionar e integrar aplicações informáticas para web em ambientes corporativos;

e. avaliar e discutir a problemática associada às técnicas de compressão de dados multimédia.

f. analisar, relacionar e implementar soluções e aplicações informáticas cliente-servidor em redes corporativas.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

a. To apply layered development methodologies in communications networks;

b. To evaluate and select internetworking equipments, wired and wireless, namely in IP networking;

c. To select and integrate web applications in corporate environments;

d. To evaluate and select media compression and decompression standards;

e. To analyze, relate and synthesize solutions and applications for client-server corporate networks.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Introdução a Comunicação de Dados e Redes; Protocolos de Comunicação; Estruturação por Camadas; Modelos ISO e TCP/IP; Redes de Computadores; Arquitecturas de Rede;; Modelo TCP/IP; Camada de Rede; Encaminhamento em redes IP; Protocolos da camada de transporte; Fiabilidade na camada de transporte; Protocolos UDP e TCP; Arquitectura WWW; Protocolos HTTP e HTTPS; Browsers e applets; Análise de exemplos cliente-servidor em ambiente web; Desenvolvimento de aplicações em ambiente web; Problemas e soluções de Segurança para o nível aplicacional; Análise e experimentação de aplicações Internet; Serviço DNS, SMTP, HTTP, SFTP; Computação móvel e redes sem fios; Redes sem fios e normalização; Redes IEEE 802.11a/b/g/n, redes 3G e LTE.

3.3.5. Syllabus:

Introductions to data Communications and Networks. Communication Protocols; ISO/OSI Models and TCP/IP stacks, Communication and networking; Network level: IP, ICMP, routing protocols; Transport level: TCP and UDP; Application level: HTTP and Client-Server model; The web as an example of client-server computing; Building web applications; Compression and decompression; Wireless and mobile computing; Internet; Web Application development; Application level security problems and solutions;

Analysis of Internet applications: DNS and SMTP, HTTP, SFTP. Wireless and mobile communications standardization (IEEE 802.11b/g/n, 3G and LTE.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Serão realizadas exposições de carácter teórico, capazes de induzir e conduzir a discussão científica sobre todas as matérias abordadas.

As matérias de carácter teórico serão complementadas através de um conjunto de exercícios, e de pequenos projectos, que serão utilizados para consolidar os conhecimentos adquiridos.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

There will be theoretic presentations of scientific matters, as a substance capable to induce important discussion on all matters addressed.

The theoretical material will be complemented by a set of exercises and small projects, which will be used to consolidate the knowledge and acquired competences.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O processo de ensino/aprendizagem inclui a exposição de matérias teóricas e a exercitação e consolidação de conhecimentos através de exercícios e pequenos projectos teórico-práticos.

O processo de avaliação visa aferir não apenas os conhecimentos e competências adquiridas, mas também a capacidade revelada na sua integração e aplicação em casos de estudo. Assim, existirão duas provas de avaliação teóricas (T1 e T2) e uma avaliação teórico-prática (TP) contínua.

*A nota final (NF) resulta em $NF = T1 * 0,2 + T2 * 0,4 + TP * 0,4$*

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The process of teaching / learning involves the exposure of materials and theoretical exercise and consolidation of knowledge through exercises and small theoretical and practical projects.

The evaluation process aims to assess not only the knowledge and skills acquired, but also the ability of its integration and application on case studies. Thus, there are two theoretical assessment tests (T1 and T2) and a assessment theory and practice (TP) continuous.

*Final Grade (NF) results from $NF = T1 * 0,2 + T2 * 0,4 + TP * 0,4$*

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Tendo em atenção:

- a. Necessidade de uma formação específica na área de comunicação de dados e redes de computadores.*
- b. Necessidade de uma formação de carácter transversal utilizando metodologias e recursos adequados. Os conteúdos serão ajustados em cada edição às necessidades dos alunos.*
- c. Necessidade de uma visão ampla dos problemas, desafios e desenvolvimentos em Redes e Comunicações de Dados.*

As metodologias de ensino, englobando exposição teórica e resolução de exercícios (ou pequenos projectos) teórico-práticos são consideradas essenciais para:

- . A flexibilidade, inerente a todo o curso, quer ao nível de uma oferta diversificada de instâncias das UCs, . A flexibilidade, inerente a todo o curso, quer ao nível de uma oferta diversificada de conteúdos, quer na adequação dinâmica do plano de estudos;*
- . O acompanhamento dos alunos assegurado pelos docentes, a quem compete conceber o plano curricular, para além de monitorar o seu progresso e guiá-lo nos trabalhos teórico-práticos e pequenos projectos.*

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Taking into account:

- a. Need for specific training in data communications and computer networks.**
- b. Need for training using cross-cutting methodologies and resources. The contents of each issue will be adjusted to the needs of students.**
- c. Need for a broad view of the problems, challenges and developments in Data Communications and Computer Networks.**

The teaching methodologies, encompassing theoretical exposition and practical problem solving (or small projects) are considered essential to:

- . The flexibility inherent to the whole course, both in terms of a wide range of curricula contents, whether in the personalization of the curriculum;**
- . The monitoring of students provided by teachers, who should design the curriculum, as well as monitor your progress and guide you through the theoretical and practical work and small projects.**

3.3.9. Bibliografia principal:

- J. Kurose and K. Rose, Computer Networking: A Top Down Approach Featuring The Internet, Addison-Wesley, 5th ed 2010;**
- William Stallings, Data and Computer Communications, Prentice Hall, 8th ed 2010.**

Anexo IV - Lógica Computacional / Computational Logic**3.3.1. Unidade curricular:**

Lógica Computacional / Computational Logic

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Carlos Bacelar Ferreira Junqueira de Almeida

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

- Tirar partido de métodos eficientes para verificar a validade de fórmulas de lógica proposicional.**
- Classificar problemas de "validade" e "satisfazibilidade" de fórmulas lógicas (proposicionais e de primeira-order) no que concerne à sua viabilidade e complexidade.**
- Justificar o mecanismo de resolução na verificação de inconsistência de teorias lógicas de primeira ordem.**
- Identificar a analogia entre provas de fórmulas lógicas e os termos de uma linguagem funcional simples (lambda-calculus com tipos simples).**
- Explorar as características da linguagem Prolog para resolver problemas de complexidade intermédia.**

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

- Exploit efficient methods to verify validity of propositional formulas.**
- Classify "validity" and "satisfiability" problems (propositional and first-order) regarding its decidability/complexity.**
- Justify the mechanism of first-order unification to check inconsistency of first-order theories.**
- Identify the analogy between proofs of logical formulas and terms of a simple functional language (simple typed lambda-calculus).**
- Exploit the features of the Prolog programming language in problem solving.**

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Lógica proposicional: dedução natural; cálculo de seqüentes; tableaux; formas normais; resolução; método de Davis-Putnam; BDDs.

Lógica de primeira ordem: cálculo de seqüentes; formas Prenex/Herbrand/Skolen; teorema de Herbrand e semi-decidibilidade; resolução proposicional em LPO; unificação de termos e de fórmulas; resolução de primeira ordem; cláusulas de Horn e resolução SLD.

Analogia de Curry-Howard: sistemas de anotação para a dedução natural; igualdade de derivações e processo de normalização; lambda-calculus com tipos simples e analogia de Curry-Howard.

Programação lógica: utilização do Prolog; processo de Inferência e "backtracking"; predicado Cut; predicados de ordem superior; estratégia gerar-e-testar.

3.3.5. Syllabus:

Propositional logic: natural deduction; sequent calculus; tableaux; normal forms; resolution; Davis-Putnam method;

BBDs.

First-order logic: sequent calculus; Prenex/Herbrand/Skolem normal forms; Herbrand's theorem and semi-decidability; propositional resolution in FOL; unification; first-order resolution; Horn clauses and SLD resolution.

Curry-Howard analogy: natural deduction with term annotations; proof equality and normalization; simple-typed lambda-calculus; Curry-Howard analogy.

Logic Programming: the Prolog language; inference process and backtracking; cut predicate; high-order predicates; generate-and-test strategy.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A unidade curricular organiza-se em torno de dois grandes temas no âmbito da relação profunda que se pode estabelecer entre os mundos da lógica matemática e da computação: considerar-se o problema de verificar a validade de fórmulas lógicas como um problema computacional sobre o qual interessa considerar a utilização de algoritmos eficientes para o resolver; e o da identificação de fórmulas lógicas com as especificações (tipos) de uma linguagem de programação, correspondendo nesse caso as provas dessas fórmulas aos diferentes programas (funcionais) que satisfazem a referida especificação. No primeiro tema, discute-se em detalhe o problema de verificar a validade de fórmulas proposicionais (objectivo 1). Segue-se o estudo do problema análogo para lógica de primeira-ordem, mostrando-se que nesse caso o problema não dispõe de solução algorítmica, sendo antes um problema semi-decidível (objectivo 2). É depois abordado o mecanismo de unificação de primeira-ordem que justifica o mecanismo de inferência utilizado pela linguagem Prolog (objectivos 3 e 5). Por último, apresentam-se de forma breve os sistemas de anotação de termos para sistemas deductivos, que permitem estabelecer uma correspondência precisa entre os sistemas lógicos e uma linguagem funcional simples (objective 4).

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

This curricular unit (CU) is organised around two themes that are representative of the close relationship between the worlds of mathematical logic and computation: a computational perspective on the problem of logical validity, and the identification of formulas as specifications (types) of a functional language. In the first theme, a detailed account of verification methods for propositional logic is presented (objective 1). Then, we move to first-order logic and characterise validity/satisfiability problem which is no longer decidable, being instead semi-decidable (objective 2). It is then presented the mechanism of first-order unification and inference as used in the Prolog language (objectives 3 and 5). Finally, we provide a brief overview of term annotation of deductive systems, which allow to establish a precise relationship between logic systems and functional programming languages (objective 4).

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As horas de contacto com os alunos são repartidas entre aulas teóricas e teórico-práticas. Durante o semestre os alunos deverão realizar ainda um projecto prático individual.

Método de Avaliação: exame escrito.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Contact hours are divided between exposition (T) and practical (TP) lectures.

The assessment consists of one written exam.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Aulas teóricas serão responsáveis pela exposição da matéria. Nas aulas teórico-práticas os alunos terão oportunidade de resolver exercícios sobre os vários temas leccionados.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The subjects are presented in the exposition lectures. Practical lectures (TP) are devoted to the solving of representative exercises.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Rigorous Software Development: an introduction to program verification. J. B. Almeida, M. J. Frade, J. S. Pinto, S. M. Sousa. Springer-Verlag, 2011.

- Proof Theory and Automated Deduction. Jean Goubault-Larrecq & Ian Mackie, Kluwer Academic Publishers, 1997.

- Proofs and Types. Jean-Yves Girard & Yves Lafont & Paul Taylor, Cambridge University Press, 1990.

3.3.1. Unidade curricular:

Computação Quântica / Quantum Computing

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

José Carlos Bacelar Ferreira Junqueira de Almeida

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

- *Compreender como os fenómenos da física quântica são explorados na resolução de problemas computacionais, e quais as características diferenciadoras do modelo de computação resultante com o modelo de computação clássico;*
- *Analisar o comportamento de circuitos quânticos.*
- *Simular circuitos quânticos em computadores clássicos.*
- *Conhecer classes de problemas que admitem algoritmos quânticos com ganhos de eficiência significativos, e compreender as técnicas aí utilizadas.*
- *Conhecer diferentes alternativas para a realização física de computadores quânticos.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

- *Understand how quantum physic effects can be exploited in the resolution of computational problems, and what are the differentiation characteristics of the resulting computational model.*
- *Analyse the behaviour of quantum circuits.*
- *Simulate quantum circuits in classical computers.*
- *Understand the class of problems solvable by quantum algorithms that are significantly more efficient than their classic counterparts. Understand the techniques used in those algorithms.*
- *Know different physical realisations of quantum computers.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Modelos computacionais e classes de complexidade: circuitos lógicos, máquina de Turing, computação probabilística e não determinística, classes de complexidade.

Circuitos Quânticos: operações elementares num único qubit, operações controladas, observações, simulação de circuitos clássicos, portas quânticas universais

Transformada de Fourier Quântica: transformada de Fourier e sua versão quântica, algoritmo de estimação de fase, aplicações na resolução de "problemas difíceis" (factorização, logaritmo discreto).

Pesquisa quântica: algoritmo de pesquisa quântica, contagem quântica, aceleração polinomial para problemas em NP.

Realizações físicas de computadores quânticos.

3.3.5. Syllabus:

Computational models and complexity classes: logic circuits, Turing machines, probabilistic and non-deterministic computation; complexity classes.

Quantum Circuits: elementary operations on a single qubit; controlled operations; measurements; simulation of classic circuits; universal quantum gates.

Quantum Fourier transform: Fourier transform and its quantum version; phase estimation algorithm; application in solving "difficult problems" (factorization, discrete logarithm).

Quantum search: quantum search algorithm, quantum count; polynomial acceleration of algorithms in NP.

Physical realization of quantum computers.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

O modelo computacional subjacente à computação quântica dispõe de características que o distinguem consideravelmente dos restantes modelos computacionais (ditos clássicos). A unidade curricular (UC) inicia-se assim com uma breve apresentação de aspectos do modelo computacional clássico se pretende contrapor com o modelo quântico. Segue-se a apresentação do modelo de computação quântico, com os respectivos circuitos quânticos, do formalismo teórico que permite a respectiva análise, e de ferramentas e linguagens que permitem animar/simular esses circuitos. Neste ponto da matéria, o alunos deverá ter adquirido competências relativas aos três primeiros objectivos da UC.

Segue-se o estudo de algoritmos quânticos representativo de técnicas que permitem ganhos de eficiência significativos relativamente aos correspondentes algoritmos clássicos. Em particular, serão estudados o algoritmo de Shor (factorização e logaritmo discreto) e algoritmos de pesquisa quântica. Após este estudo, o aluno deverá ficar habilitado a responder ao quarto objectivo enunciado. A unidade curricular é concluída com uma breve apresentação de realizações físicas que têm vindo a propostas/adoptadas (ultimo objectivo enunciado).

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

Classic and quantum computation differ in several ways. This CU starts with a brief presentation of the aspects of classic computation that shall be compared to their quantum counterparts. Quantum circuits are then presented, the theoretical formalism underlying them, and the tools and languages allowing to animate/simulate those circuits. At this point, a student should be able to respond positively to the first three objectives.

Next, a selection of representative quantum algorithms that exhibit significant efficiency gains are presented. In particular, the Shor algorithm (factorization and discrete logarithm) and quantum search algorithms will be studied in detail. After this study, a student should be able to respond to the fourth objective.

The CU concludes with the presentation of physical realisations of quantum computers (last objective).

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As horas de contacto com os alunos são repartidas entre aulas teóricas e teórico-práticas. Durante o semestre os alunos deverão realizar ainda um projecto prático individual.

Elementos de avaliação: projecto prático (Np) e teste final (Nt):

*Nota final = (Np + 2 * Nt) / 3*

Existe nota mínima de 8 valores para ambas as componentes da avaliação.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Contact hours are divided between exposition (T) and practical (TP) lectures. Students will also be asked to perform a practical project.

Partial grades: project (Np) and final exam (Nt)

*Final grade = (Np + 2*Nt) / 3*

Both components have minimum weight of 8/20.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Aulas teóricas serão responsáveis pela exposição da matéria. Nas aulas teórico-práticas os alunos terão oportunidade de resolver exercícios sobre os vários temas leccionados. Por último, com a realização do projecto prático, os alunos terão oportunidade de analisar e simular um algoritmo quântico concreto.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The subjects are presented in the exposition lectures. Practical lectures (TP) are devoted to the solving of representative exercises. Finally, the practical project consists in the analysis/simulation of a quantum algorithm.

3.3.9. Bibliografia principal:

- Quantum Computation and Quantum Information. Michael A. Nielsen & Isaac L. Chuang. Cambridge University Press, 2010.

- Quantum Computing for Computer Scientists. Noson S. Yanofsky & Mirco A. Mannucci. Cambridge University Press, 2008.

Anexo IV - Micro/Nano sistemas electromecânicos / Micro/Nano electromechanical systems**3.3.1. Unidade curricular:**

Micro/Nano sistemas electromecânicos / Micro/Nano electromechanical systems

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

João Pedro dos Santos Hall Agorreta de Alpuim

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

Esta Unidade Curricular terá a colaboração de investigadores do International Iberian Institute of Nanotechnology (INL) / This unit will have the collaboration of researchers from the International Iberian Institute of Nanotechnology (INL)

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

1. Conhecer em geral o pacote básico de tecnologias e materiais usados no fabrico de MEMS/NEMS.

2. Conhecer em detalhe algumas tecnologias de fabrico de MEMS: micromaquinação em volume, LIGA, micromaquinação sacrificial de superfície, CMOS e integração com a eletrónica, materiais alternativos (SiC, SiGe, diamante, SU-8)

3. Compreender os efeitos de escala no desenho de MEMS/NEMS.

4. Utilizar ferramentas de desenho e análise de MEMS/NEMS.

5. Saber tópicos de Microelectromecânica: mecânica de estruturas, oscilações e amortecimento em sistemas mecânicos, dinâmica de sistemas elétricos, modelação numérica e análise de contingência.

6. Explicar o funcionamento de diversos tipos de microsensores e atuadores e dar exemplos práticos.

7. Conhecer as técnicas mais importantes de empacotamento de MEMS/NEMS.

8. Compreender os mecanismos mais frequentes de falha dos MEMS e como desenhar com segurança.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

1. Know in general the basic package of technologies and materials used in the manufacture of MEMS / NEMS.

2. Know in detail some of MEMS manufacturing technologies: Bulk micromachining, LIGA, sacrificial surface micromachining, CMOS and electronics integration, technology characterization, alternative materials (SiC, SiGe, diamond, SU-8).

3. Understand the effects of scaling in the design of MEMS/ NEMS.

4. Use tools for design and analysis of MEMS / NEMS.

5. Know micro electromechanical topics: Structural mechanics, oscillatory mechanical systems and damping, electrical system dynamics, numerical modeling and uncertainty analysis.

6. Explain the operation of various types of microsensors and actuators and give practical examples.

7. Know the most important techniques for packaging of MEMS / NEMS.

8. Understand the most common failure mechanisms of MEMS and learn how to design safely.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1-Fabricação: materiais e técnicas para a microtecnologia.

2-Tecnologias MEMS: micromaquinação em volume e de superfície, LIGA, CMOS e integração com a eletrónica, materiais alternativos.

3-Efeitos de escala em sistemas físicos; problemas de fabrico, de materiais e novos fenómenos físicos relevantes.

4-Ferramentas de design: Layout, processos disponíveis comercialmente, regras de design, visualização e análise de MEMS.

5 Microelectromecânica: Mecânica de estruturas, sistemas mecânicos oscilatórios e amortecimento, dinâmica de sistemas elétricos, modelação numérica e análise de contingência.

6-Microsensores e atuadores: atuadores eletrostáticos, térmicos e de força de Lorentz; deteção capacitiva, piezo-resistiva e magneto-resistiva; deteção de sinal e ruído.

7-Processamento de pós-fabrico, seleção do encapsulamento, soldagem de fios e selagem.

8-Fiabilidade: Terminologia e teoria, mecanismos e técnicas de medição para análise de falhas, design e fiabilidade de MEMS.

3.3.5. Syllabus:

1-Fabrication: Overview of microtechnology materials and techniques.

2-MEMS technologies: Bulk and surface micromachining, LIGA, CMOS and electronics integration, alternative materials

3-Scaling of physical systems; computational, fabrication and material issues, new relevant physical phenomena

4-Design tools: Layout, commercially-available processes, design rules, standard components, MEMS visualization and analysis

5-Microelectromechanics: Structural mechanics, oscillatory mechanical systems and damping, electrical systems dynamics, numerical modeling and uncertainty analysis

6-Microsensors and actuators: Electrostatic, thermal and Lorentz force actuators; capacitive, piezoresistive and magnetoresistive sensing; signal detection and noise

7-Post-fabrication processing, package selection and design, die attach, wire bonding and sealing.

8-Reliability: Terminology and theory, MEMS failure mechanisms, measurement techniques for failure analysis testing, design and MEMS reliability

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os conteúdos programáticos definidos para esta Unidade Curricular foram elaborados de acordo com os objetivos apresentados no ponto 3.3.4.

A UC pretende introduzir os estudantes no mundo dos MEMS e NEMS, uma tecnologia recente e tão diversa que o seu estudo só pode ser feito passo a passo, combinando exemplos de dispositivos que se encontram no mercado com o estudo dos fundamentos físicos em que assenta o seu funcionamento, bem como da tecnologia necessária para o seu fabrico. O curso inclui um capítulo sobre pós-processamento, encapsulamento e embalagem e outro sobre teoria e testes de fiabilidade. O objetivo geral da formação proporcionada no curso é a formação de engenheiros com uma compreensão alicerçada em bases científicas sólidas desta importante tecnologia já implantada no mercado e de futuro promissor e dos desafios que lhe estão colocados. A UC pretende dar formação que origine técnicos treinados no fabrico, desenho e dimensionamento de sistemas micro/nano eletromecânicos concretos. Daí os objetivos de aprendizagem relacionados com o desenho e fabrico de MEMS e NEMS que são, em parte, comuns às técnicas de fabrico de microtecnologia.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The program content defined for this course is prepared in accordance with the objectives presented in section

3.3.4.

The UC aims to introduce students to the world of MEMS and NEMS, a new technology with such a diversity in it that its study can only be done step by step, in the present approach combining examples of real devices that are in the market place with the study of fundamental physics that explain their operation, as well as the underlying technologies needed to manufacture them. The course includes a chapter on post-processing, packaging and test theory and reliability. The overall objective of the training provided in the course is to educate engineers with a sound scientific understanding of this important existing technology with a promising future and the challenges that are posed to it. The UC aims to train high level technicians that are skilled in the manufacture, design and sizing of micro/ nano electromechanical systems for real applications. Hence the learning objectives related to the design and manufacture of MEMS and NEMS which are partly common to the microelectronic manufacturing techniques.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino adotada para esta unidade curricular visa atingir os objetivos propostos. Está baseada numa distribuição das horas de contacto com o docente em aulas teóricas (T), usadas para exposição da matéria e para discussão de dúvidas, aulas teórico-práticas (TP) para resolução de problemas e as aulas práticas laboratoriais (PL) em que os alunos, organizados em grupos, realizarão um projeto de desenho e/ou fabrico de dispositivos, consoante as disponibilidades de apoio laboratorial.

A avaliação é realizada em vários momentos ao longo do semestre e inclui diferentes elementos de avaliação: testes individuais; relatório escrito dos trabalhos práticos realizados pelos alunos e sua apresentação oral. Os testes individuais terão um peso de 50% na avaliação e os relatórios escritos e respetiva apresentação oral, os outros 50%.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodology adopted for this course aims at achieving the course objectives. It is based on a distribution of contact hours with the professor that span from theoretical classes (T), used to expose the subject-matter and to discuss questions, theoretical-practice (TP) classes for problem solving and laboratory classes (PL) in which students arranged in groups, carry out a project design and / or manufacture of devices, depending on the availability of laboratory support.

The evaluation is carried out at various times throughout the semester and includes different elements of assessment: individual tests, written report of the experiments conducted by students and their oral presentation. The individual tests have a 50% weight in the evaluation and the technical written reports and corresponding oral presentation, the other 50%.

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

Espera-se desta UC que ajude a formar engenheiros de fácil colocação no mercado de trabalho, pelas suas sólidas bases científicas nas áreas subjacentes ao desenho e fabrico de MEMS e NEMS, pelos conhecimentos alargados e fundados na experiência dos processos de micro/nanofabricação, e com uma pré-disposição para a interdisciplinaridade e a inovação. Para atingir esse fim, a UC está desenhada de modo a combinar uma componente teórico-científica importante com uma componente experimental e de saber fazer não menos importante. Para o completo sucesso desta última, pretende-se tirar partido das competências instaladas no International Iberian Institute of Nanotechnology (INL). Assim, prevê-se que os alunos desenvolvam trabalhos experimentais em grupos utilizando tecnologias de sala limpa e/ou outras tecnologias de micro/nanofabricação disponíveis no INL. A busca de coerência entre as metodologias de ensino e os objetivos de aprendizagem levou às seguintes opções:

- i) Oferecer aos alunos o contacto mais abrangente possível com laboratórios e trabalhos experimentais, em que possam aprender fazendo;*
- ii) entregar aos alunos um considerável volume de material bibliográfico e de problemas para resolver de maneira a permitir-lhes progredir por si próprios, de acordo com o seu ritmo individual;*
- iii) estimular o trabalho em grupo, como forma de aprendizagem e de organização. Os grupos terão um papel mais relevante nas aulas laboratoriais e numa parte das horas de estudo;*
- iv) propor um esquema de avaliação da aprendizagem variado, assente em instrumentos de avaliação diversificados, individuais e em grupo, distribuídos temporalmente ao longo do semestre letivo e que reflita as diversas componentes da disciplina.*

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

It is expected from this curricular unit (UC) that it will help train engineers who will easily gain access to the labor market, due to their solid scientific background, to their knowledge and experience of nanofabrication processes for MEMS and NEMS, and because of their predisposition for interdisciplinary and innovative work. To that end, the UC is designed as a combination of a scientific theoretical component, with an important experimental hands-on component. In order to succeed, this last component requires the support, expertise and state-of-the art facilities of the International Iberian Institute of Nanotechnology (INL). Thus, it is expected that students develop experimental work in groups using clean room technology and / or other technologies for micro /nanofabrication.

The search for coherence between teaching methodologies and learning objectives led to the following options:

- i) Provide students with the widest possible contact with laboratories and experimental work, where they can learn*

by doing;

- ii) give students a considerable amount of bibliographic material and problems to solve in ways that allow them to progress by themselves, according to their individual pace;*
- iii) encourage group work as a way of learning and organization. The groups will have a greater role in laboratory classes and in part of the study hours;*
- iv) to fulfill a scheme of learning evaluation based on varied assessment tools, both at individual and group levels, distributed in time throughout the semester, reflecting the various components of the discipline.*

3.3.9. Bibliografia principal:

- A) James J. Allen, *Micro Electro Mechanical System Design*, Taylor & Francis, 2005.
- B) Stephen D. Senturia, *Microsystem Design*, Kluwer Academic Publishers, 2002.

Anexo IV - Lógica Quântica / Quantum Logic

3.3.1. Unidade curricular:

Lógica Quântica / Quantum Logic

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Luís Manuel dias Coelho Soares Barbosa

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Este curso aborda a computação quântica a partir da perspectiva das estruturas semânticas e dos fundamentos lógicos das Ciências da Computação. Visa, deste modo, proporcionar conhecimentos sólidos em:

- * semântica da programação quântica e cálculos de programas no paradigma quântico;*
- * fundamentos para a especificação e verificação de programas quânticos;*
- * estruturas matemáticas relevantes, com destaque para a teoria das categorias e lógicas de recursos*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

This course addresses quantum computation from a semantic point of view. Therefore it aims at providing a solid knowledge in

- * semantics of quantum computing and program calculi in the quantum programming paradigm;*
- * foundations for specification and verification of quantum programs*
- * relevant semantic structures, namely in the areas of category theory and resource logics*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução aos modelos semânticos baseados em teoria das categorias*
 - 1.1 Introdução à noção de categoria e propriedades universais*
 - 1.2. Functores e transformações naturais*
 - 1.3 Construções numa categoria*
 - 1.4 Adjunções*
 - 1.5 Aplicações: (categorias de) estruturas ordenadas, topológicas e espaços de Hilbert*
- 2. Lógicas Computacionais*
 - 2.1 Provas, programas e computação quântica*
 - 2.2 Linearidade e lógicas de recursos*
 - 2.3 Representação de efeitos/recursos (monads/comonads)*
 - 2.4 Modelos e lógicas para a computação quântica*
- 3. Aplicações*
 - 3.1 Especificação e cálculo de algoritmos quânticos*
 - 3.2 Verificação de programas quânticos*

3.3.5. Syllabus:

- 1. Introduction to categoriacal semantic models*
to Introdução aos modelos semânticos baseados em teoria das categorias
 - 1.1 Categories and and universal properties*
 - 1.2. Functors and natural transformations*
 - 1.3 Constructions in a category*
 - 1.4 Adjunctions*
 - 1.5 Applications: (categories of) ordered structures, topological spaces and Hilbert spaces*
- 2. Computational Logics*

- 2.1 Proofs, programs and quantum computation
- 2.2 Linearity and resource logics
- 2.3 Handling effects and resources (monads/comonads)
- 2.4 Models and lógica for quantum computing
- 3. Applications
 - 3.1 Specification and derivation of quantum algorithms
 - 3.2 Verification of quantum programs

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Tratando-se de uma Unidade Curricular dedicada aos fundamentos logico-matemáticos da Computação Quântica, o programa proposto cobre com algum detalhe os conceitos e resultados base na área em linha com o que é ensinado em cursos similares noutras Universidades. Uma atenção particular é dada à introdução à teoria das categorias que constitui a ferramenta base de trabalho e que infelizmente não é leccionada em cursos mais propedêuticos em Matemática. Pensamos que o lugar dado a este tópico, parecendo aventureira excessivo (quase um terço do total do curso) se justifica a seguir pela agilidade de classificação e raciocínio que proporciona para os tópicos seguintes de natureza mais específica. O curso inclui um tópico de aplicações da semântica à especificação e verificação de programas que visa operacionalizar os conceitos, resultados e técnicas estudados.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

As a Curricular Unit devoted to the logical-mathematical foundations of Quantum Computing, the course syllabus covers, with suitable detail, the basic notions and results in the area. Both the course structure and contents is similar to what is lectured in similar units in other European universities. Particular attention is devoted to category theory which provides the basic conceptual tools for semantics and, unfortunately, is not yet part of basic undergraduate curricula in Mathematics. In our opinion the role played by category theory is so important for the topics which follow, that the emphasis given in the syllabus (almost one third of the total) is entirely justified. The syllabus includes a topic on applications to specification and verification of quantum programs, which aims at making operational all concepts, results and techniques studied.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas e teórico-práticas.

Métodos de Avaliação:

- * *leitura, apresentação e discussão em grupo de um artigo (20%);*
- * *desempenho nas aulas teórica-práticas (10%)*
- * *exame escrito (70%).*

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Conventional lectures followed by exercise sessions

Evaluation:

- * *reading , presentation and group discussion of a research paper (20%);*
- * *performance in the exercise sessions (10%)*
- * *written exam (70%)*

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os objectivos fixados para a Unidade Curricular aconselham a adopção de uma metodologia dinâmica, capaz de articular teoria e prática que incentive a participação dos alunos. A metodologia proposta vai exactamente nesse sentido.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The aims fixed for this Curricular Unit and the competences to develop require the choice and implementation of a dynamic teaching methodology, able to correctly articulate theory and practice and, furthermore, to foster students participation in the classroom. The proposed methodology has exactly such a profile.

3.3.9. Bibliografia principal:

- "New Structures for Physics", Bob Coecke (ed), Lecture Notes in Physics, Springer Verlag, 2011.*
- "Semantic Techniques for Quantum Computation", I. Mackie, S. Gay (eds), Cambridge University Press, 2009.*
- "Categorical Foundations", M. C. Pedicchio , W. Tholen (eds), Cambridge University Press, 2004.*
- "Category Theory", S. Awodey, Oxford: Clarendon Press, 2006.*

3.3.1. Unidade curricular:

Formação empresarial e empreendedorismo / Business training and entrepreneurship

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Fernando Carlos Cabrita Romero

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

-

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

Descrever o comportamento dos agentes económicos e suas inter-relações nos mercados.

Descrever os objectivos e as funções chave de gestão de planear, organizar, conduzir, e controlar.

Aplicar ferramentas essenciais de gestão a cada uma destas funções de gestão.

Aplicar técnicas e modelos de apoio á decisão estratégica.

Usar técnicas de avaliação e selecção de projectos de investimento, integrando as vertentes tecnológica, de mercado, económica e financeira.

Desenvolver capacidades de análise, identificação e implementação de oportunidades de negócio provenientes de actividades ou produtos inovadores.

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

To describe the behavior of economic agents and their relationships in the markets

To describe the objectives and the key management functions of planning, organizing, conducting and controlling.

To apply fundamental management tools to each one of the above mentioned management functions.

To use project evaluation and selection techniques, integrating technological, market, economic and financial dimensions.

To develop capabilities of analysis, identification and implementation of business opportunities based on innovative activities or products.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

O papel da empresa nas economias de mercado e as suas funções internas. Tomada de decisão em organizações.

O ambiente externo da empresa. Infraestruturas de apoio empresarial.

Planeamento estratégico. Técnicas de análise estratégica. Estratégias cooperativas e competitivas. Modelos de planeamento e gestão estratégicos.

A função do marketing. A elaboração da estratégia de marketing. O processo de concepção e desenvolvimento de novos produtos.

Conceitos e definições fundamentais para a gestão da inovação. Técnicas e metodologias de gestão da inovação. Identificação, avaliação e selecção de oportunidades de negócio de base tecnológica.

Sistemas de Custeio. Gestão Orçamental e Controlo de Custos.

Definição de projecto de investimento e fases de implementação. Avaliação económica de projectos.

3.3.5. Syllabus:

The role of the firm in a market economy and its internal functions. Decision making in organizations. The firm's external environment. Support infrastructures.

Strategic planning. Techniques for strategic analysis. Competitive and collaborative strategies. Models of strategic planning and management.

The marketing function. The elaboration of a marketing strategy. The new product conception and development process.

Fundamental concepts and definitions for innovation management. Techniques and methodologies for innovation management. Identification, evaluation, selection of technology based business opportunities.

Cost systems. Cost management and control.

Definition of investment project and its implementation phases. Economic project evaluation.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

A unidade curricular começa por introduzir conceitos relacionados com a teoria da empresa e a sua lógica económica, expondo a empresa como um mecanismo institucional cujas características permitem maximizar a sua intenção económica. Paralelamente, faz-se referência ao mercado como um mecanismo de coordenação da actividade económica de múltiplos agentes, enunciando as suas características e explorando a sua diversidade em termos de taxonomias comuns.

De seguida, o foco é nos mecanismos internos da empresa, e no seu funcionamento, através da exploração de conceitos relativos à organização e gestão. Referem-se funções de gestão básicas, que são indispensáveis para qualquer empresa, e que qualquer estudante da área de gestão deverá apreender, passando depois a ênfase para aspectos que são considerados mais importantes, tendo em conta os objectivos da unidade curricular, a sua duração, e o seu posicionamento num curso tecnológico.

Essa ênfase recai sobre quatro aspectos: a estratégia, o marketing, a inovação e a avaliação económica de projectos. A estratégia é encarada como o cimento fundamental que une e dá sentido a toda a actividade da empresa, sendo o marketing, a gestão da inovação e a avaliação de projectos constituídas por ferramentas e metodologias específicas que permitem a concretização da primeira.

Através desta sequência integrada de conceitos, proporciona-se ao estudante uma visão abrangente, embora inicial e ainda muito fundamental, da actividade empresarial e das suas principais componentes.

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The course begins to introduce concepts related to the theory of the firm and its economic rationale, showing the firm as an institutional mechanism whose characteristics allow the maximization of its economic intent. Simultaneously, reference is made to the market, as a coordination mechanism between the multiple agents that constitute it, showing its characteristics and exploring its diversity in terms of known and common taxonomies.

The focus shifts then to the internal mechanisms of the firm, and its internal workings, exploring management and organizational concepts. Reference is made to fundamental management functions that are indispensable to any firm, and that any student in the area of business studies must acknowledge. Then the focus is delimited to topics that are considered more important, taking into account the objectives of the course, its duration and its positioning in a technological education programme.

The emphasis is on four aspects: strategy, marketing, innovation and project evaluation. Strategy is seen as the fundamental cement that glues and gives sense to all the activities of the firm, while marketing, innovation management and project evaluation are presented as tools and methodologies that enable the prosecution and the realization of strategy.

Through this integrated sequence of concepts, the student will acquire an encompassing perspective, although still incipient and introductory, of the entrepreneurial activity and its main components.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino será baseada num misto de sessões expositivas, estudos de caso e trabalho de projecto. Os elementos de avaliação, com pesos semelhantes, serão:

- Trabalho de projecto e os componentes em que se divide;
- Um conjunto de trabalhos a realizar ao longo do semestre.

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Teaching methodology will be based on a mix of lectures, case studies and project work. The evaluation elements, with similar weights, are:

- Project work, and the components on which it is divided;
- A series of work assignments, to be completed throughout the semester.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

As sessões expositivas têm como objectives transmitir os conceitos essenciais referidos no programa e nos objectives de aprendizagem. Estes conceitos serão posteriormente trabalhados e aplicados em estudos de caso. O trabalho de projecto consiste na avaliação do potencial comercial de uma ideia ou tecnologia e obedece a uma metodologia específica, de natureza muito prática, que aplicará e integrará todas as técnicas, metodologias e conceitos referidos, nomeadamente os relacionados com os quatro aspectos atrás referidos: a estratégia, o marketing, a inovação e a avaliação económica de projectos. O projecto resultará na elaboração de um relatório integrador.

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

The aim of the lectures is to provide the students understanding on the fundamental concepts referred to in the syllabus and in the learning objectives. These concepts will be worked out in sessions dedicated to case studies. The project work consists in the evaluation of the commercial potential of an idea or a technology. It will follow a

specific methodology, with a very practical nature, that will apply, and that will integrate, all the tools, techniques and concepts, namely, those related to the four topics mentioned previously: strategy, marketing, innovation and economic project evaluation. A final integrating report is expected.

3.3.9. Bibliografia principal:

*Abecassis, F. e Cabral, N. (2000). Análise Económica e Financeira de Projectos. Fundação Calouste Gulbenkian.
Hill, C. W. L. (2008). Strategic Management : an Integrated Approach. Houghton Mifflin.
Kotler, P. (2006). Marketing Management. Prentice Hall.
Schilling, M. (2005). Strategic Management of Technological Innovation. McGraw-Hill/Irwin.*

Anexo IV - Opção Uminho /Uminho option

3.3.1. Unidade curricular:

Opção Uminho /Uminho option

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo):

Luis Manuel Fernandes Rebouta

3.3.3. Outros docentes que leccionam a unidade curricular:

O docente responsável será o coordenador da UC escolhida pelo aluno / The responsible member will coordinate the UC chosen by the student

3.3.4. Objectivos de aprendizagem da unidade curricular:

*-A área científica associada a esta UC é QAC, ou seja, a UC poderá enquadrar-se em qualquer área científica. Assim, os seus objectivos e resultados de aprendizagem dependem da escolha que venha a ser feita pelo estudante para o ocupar este espaço de aprendizagem. A existência no ciclo de estudos de UC opcionais, sem restrições de área científica, é um elemento importante na formação na medida em que potencia a exploração de temas e de perfis de formação que, de outro modo, seriam excluídos.
O leque de escolhas de UC a considerar para esta UC será definido pela UMinho na medida em que esta UC corresponde à implementação de uma política institucional.*

3.3.4. Intended learning outcomes of the curricular unit:

*-The scientific area for this course has been defines as ASA. This means that the actual course to be chosen can be of any scientific area. Therefore its objectives and learning outcomes wil depend on the student's choices. The existence of courses with no restriction on the scientific area is viewed as an important element in the program as it allows students to follow themes and trainig profiles that otherwise would be excluded.
For this course students will be able of choosing among a set of courses defined by UMinho as this course corresponds to the implementation of an institutional politic.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

-

3.3.5. Syllabus:

-

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

-

3.3.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

-

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

-

3.3.7. Teaching methodologies (including evaluation):

-

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.

-

3.3.8. Demonstration of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes.

-

3.3.9. Bibliografia principal:

-

4. Descrição e fundamentação dos recursos docentes

4.1 Descrição e fundamentação dos recursos docentes

4.1.1. Fichas curriculares dos docentes

Anexo V - Luis Manuel Fernandes Rebouta

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

Luis Manuel Fernandes Rebouta

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - José Bernardo Barros

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

José Bernardo Barros

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - José Carlos Bacelar Almeida**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

José Carlos Bacelar Almeida

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Luis Soares Barbosa**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Luis Soares Barbosa

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Paulo Jorge Freitas de Oliveira Novais**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Paulo Jorge Freitas de Oliveira Novais

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo V - Paulo Sérgio Almeida****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Paulo Sérgio Almeida***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:*Professor Auxiliar ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):***100***4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo V - Pedro Manuel Rangel Santos Henriques****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Pedro Manuel Rangel Santos Henriques***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:*Professor Associado ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):***100***4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo V - José Higinio Gomes Correia****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***José Higinio Gomes Correia***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Catedrático ou equivalente**4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):****100****4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo V - Júlio Manuel Sousa Barreiros Martins****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):*****Júlio Manuel Sousa Barreiros Martins*****4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):****<sem resposta>****4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):****<sem resposta>****4.1.1.4. Categoria:*****Professor Associado ou equivalente*****4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):****100****4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo V - Carlos Manuel Gregório Santos Lima****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):*****Carlos Manuel Gregório Santos Lima*****4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):****<sem resposta>****4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):****<sem resposta>****4.1.1.4. Categoria:*****Professor Auxiliar ou equivalente*****4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):****100****4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo V - Filomena Maria da Rocha de Oliveira Soares****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):*****Filomena Maria da Rocha de Oliveira Soares*****4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):****<sem resposta>**

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:
Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Paulo Mateus Mendes

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Paulo Mateus Mendes

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Graça Maria Henriques Minas

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Graça Maria Henriques Minas

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:
Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Cristina Manuela Peixoto Santos

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Cristina Manuela Peixoto Santos

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Mikhail Vasilevskiy

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

Mikhail Vasilevskiy

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Catedrático ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Nuno Miguel Machado Reis Peres

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

Nuno Miguel Machado Reis Peres

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - José Carlos Viana Gomes

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

José Carlos Viana Gomes

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - José Luís Pires Ribeiro**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

José Luís Pires Ribeiro

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Luís Manuel Gomes Vieira**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Luís Manuel Gomes Vieira

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

Mostrar dados da Ficha Curricular**Anexo V - Bernardo Gonçalves Almeida****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Bernardo Gonçalves Almeida

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Francisco José Machado de Macedo**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Francisco José Machado de Macedo

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Maria de Fátima Guimarães Cerqueira**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Maria de Fátima Guimarães Cerqueira

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Luís Silvino Alves Marques**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Luís Silvino Alves Marques

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Eduardo Jorge Nunes Pereira**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Eduardo Jorge Nunes Pereira

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - João Pedro Santos Hall Agorreta Alpuim**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

João Pedro Santos Hall Agorreta Alpuim

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Michael Belsley**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Michael Belsley

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Ana Maria Almeida Santos Pereira Vale**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Ana Maria Almeida Santos Pereira Vale

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Lucile Arlette Guilaine Vandembroucq**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Lucile Arlette Guilaine Vandembroucq

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Gueorgui Vitalievitch Smirnov

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Gueorgui Vitalievitch Smirnov

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:
Professor Catedrático ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Lígia Lourdes Miranda Marona Rodrigues

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Lígia Lourdes Miranda Marona Rodrigues

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Escola de Ciências

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Fernando Carlos Cabrita Romero

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

Fernando Carlos Cabrita Romero

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Alexandre Júlio Teixeira dos Santos

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

Alexandre Júlio Teixeira dos Santos

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Alberto José Proença

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

Alberto José Proença

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Catedrático ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo V - Senentxu Lanceros-Mendez**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Senentxu Lanceros-Mendez***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):*Escola de Ciências***4.1.1.4. Categoria:***Professor Associado ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):***100***4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo V - José Manuel Pereira Carmelo****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***José Manuel Pereira Carmelo***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):*Escola de Ciências***4.1.1.4. Categoria:***Professor Catedrático ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):***100***4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo V - Teresa Maria dos Santos Ribeiro Viseu****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Teresa Maria dos Santos Ribeiro Viseu***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):*Escola de Ciências***4.1.1.4. Categoria:***Professor Auxiliar ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na instituição que submete a proposta (%):***100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**4.1.2 Equipa docente do ciclo de estudos****4.1.2. Equipa docente do ciclo de estudos / Study cycle's academic staff**

Nome / Name	Grau / Degree	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment link	Informação/ Information
Luis Manuel Fernandes Rebouta	Doutor	Física do Estado Sólido	100	Ficha submetida
José Bernardo Barros	Doutor	Ciências da Computação	100	Ficha submetida
José Carlos Bacelar Almeida	Doutor	Ciências da computação	100	Ficha submetida
Luis Soares Barbosa	Doutor	Informática (Fundamentos da Computação) / Computer Science (Foundations)	100	Ficha submetida
Paulo Jorge Freitas de Oliveira Novais	Doutor	Informática	100	Ficha submetida
Paulo Sérgio Almeida	Doutor	Computer Science	100	Ficha submetida
Pedro Manuel Rangel Santos Henriques	Doutor	Ciência da Computação	100	Ficha submetida
José Higino Gomes Correia	Doutor	Microtechnologies in silicon	100	Ficha submetida
Júlio Manuel Sousa Barreiros Martins	Doutor	Engenharia de Sistemas e Informática	100	Ficha submetida
Carlos Manuel Gregório Santos Lima	Doutor	Electrónica Industrial	100	Ficha submetida
Filomena Maria da Rocha de Oliveira Soares	Doutor	Engenharia Química	100	Ficha submetida
Paulo Mateus Mendes	Doutor	Electrónica Industrial - Electrónica e Instrumentação	100	Ficha submetida
Graça Maria Henriques Minas	Doutor	Electrónica Industrial	100	Ficha submetida
Cristina Manuela Peixoto Santos	Doutor	Control, Automation and Robotics	100	Ficha submetida
Mikhail Vasilevskiy	Doutor	Física e Matemática	100	Ficha submetida
Nuno Miguel Machado Reis Peres	Doutor	Física	100	Ficha submetida
José Carlos Viana Gomes	Doutor	Física Atómica - Escola doutoral de "Ondes et Matière"	100	Ficha submetida
José Luís Pires Ribeiro	Doutor	Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
Luís Manuel Gomes Vieira	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Bernardo Gonçalves Almeida	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Francisco José Machado de Macedo	Doutor	Ciências / Física	100	Ficha submetida
Maria de Fátima Guimarães Cerqueira	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Luís Silvino Alves Marques	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Eduardo Jorge Nunes Pereira	Doutor	Física	100	Ficha submetida
João Pedro Santos Hall Agorreta Alpuim	Doutor	Engenharia de Materiais	100	Ficha submetida
Michael Belsley	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Ana Maria Almeida Santos Pereira Vale	Doutor	Matemática (Geometria e Topologia)	100	Ficha submetida
Lucile Arlette Guilaine Vandembroucq	Doutor	Matemática	100	Ficha submetida
Gueorgui Vitalievitch Smirnov	Doutor	Matemática Aplicada	100	Ficha submetida
Lígia Lourdes Miranda Marona Rodrigues	Doutor	Química Orgânica	100	Ficha submetida
Fernando Carlos Cabrita Romero	Doutor	Gestão	100	Ficha submetida
Alexandre Júlio Teixeira dos Santos	Doutor	Informática	100	Ficha submetida
Alberto José Proença	Doutor	Informática	100	Ficha submetida

Senentxu Lanceros-Mendez	Doutor	Física	100	Ficha submetida
José Manuel Pereira Carmelo	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Teresa Maria dos Santos Ribeiro Viseu	Doutor	Ciências - Física	100	Ficha submetida
			3600	

<sem resposta>

4.2. Dados percentuais da equipa docente do ciclo de estudos

4.2.1.a Número de docentes em tempo integral na instituição
36

4.2.1.b Percentagem dos docentes em tempo integral na instituição (campo de preenchimento automático calculado após a submissão do formulário)
100

4.2.2.a Número de docentes em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos
36

4.2.2.b Percentagem dos docentes em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos (campo de preenchimento automático calculado após a submissão do formulário)
100

4.2.3.a Número de docentes em tempo integral com grau de doutor
36

4.2.3.b Percentagem dos docentes em tempo integral com grau de doutor (campo de preenchimento automático calculado após a submissão do formulário)
100

4.2.4.a Número (ETI) de docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano
<sem resposta>

4.2.4.b Percentagem dos docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (campo de preenchimento automático calculado após a submissão do formulário)
<sem resposta>

4.2.5.a Número (ETI) de docentes do ciclo de estudos não doutorados com grau de mestre (pré-Bolonha)
<sem resposta>

4.2.5.b Percentagem dos docentes do ciclo de estudos não doutorados com grau de mestre (pré-Bolonha) (campo automático calculado após a submissão do formulário)
<sem resposta>

4.3. Procedimento de avaliação do desempenho

4.3. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas para a sua permanente actualização. *A Universidade do Minho assumiu um compromisso institucional inequívoco com a qualidade e a garantia de qualidade, como vector fundamental para o seu funcionamento e afirmação. Esse compromisso encontra-se consagrado nos próprios Estatutos, que estabelecem, no seu artigo 3º, nº3, que a Universidade desenvolve o seu labor impregnada por uma cultura de qualidade fundada na responsabilidade, na eficácia da sua acção e na prevalência do interesse geral. Ainda segundo os Estatutos (artigo 114º), a Universidade dispõe de um sistema para a garantia interna da qualidade dos projectos de ensino, de investigação e de interacção com a sociedade, o qual terá em conta as orientações estabelecidas pelos sistemas Nacional e Europeu de garantia da qualidade do ensino superior. A avaliação do desempenho do pessoal docente vai resultar da elaboração dum relatório de*

auto-avaliação de cada Unidade Curricular (UC) da responsabilidade de cada docente envolvido na leccionação do Curso. Para ser possível avaliar o desempenho do pessoal docente, serão aplicados inquéritos aos alunos relativos às suas percepções sobre as UC de carácter obrigatório, na medida do possível após o período de avaliações. Tal avaliação utilizará um questionário comum a todas as UC, com a possível excepção de um questionário específico para as UC cuja natureza o justifique (caso das UC de projecto, estágio, seminário, dissertação, ou de natureza similar). A finalidade do relatório é promover, de forma sintética, a avaliação global do funcionamento da UC (com ênfase na aquisição de competências pelos estudantes), a identificação de boas práticas pedagógicas e a definição de planos de melhoria quando se verificarem resultados não satisfatórios de sucesso escolar ou nas percepções dos estudantes. O relatório incidirá, nomeadamente, sobre o grau de adequação e actualização dos elementos constantes do dossier da UC, as condições de funcionamento da UC e problemas detectados, a adequação das metodologias de ensino/aprendizagem utilizadas, designadamente no que respeita às metodologias para a avaliação das competências adquiridas pelos estudantes, às estratégias para a utilização das Técnicas de Informação e Comunicação (TIC) no apoio ao ensino e aos aspectos de inovação pedagógica introduzidos, a identificação de boas práticas que mereçam ser divulgadas e a adequação dos resultados de sucesso escolar face aos objectivos traçados.

O Director elaborará um relatório anual, com base nos relatórios das UC e demais indicadores previstos no Plano de Qualidade, privilegiando a reflexão crítica e prospectiva sobre as questões de natureza pedagógica.

Em termos científicos, o Centro de Física definiu no seu regulamento que, os docentes do DF ou eventualmente outros investigadores terão de satisfazer critérios de produtividade científica e tecnológica para poderem fazer parte do Centro, que actualmente corresponde a um número mínimo de duas publicações científicas num triénio.

4.3. Academic staff performance evaluation procedures and measures for its permanent updating.

The University of Minho took on an institutional obligation to guarantee the quality as a fundamental priority of its functioning and positioning. This obligation is acclaimed in its Statutes which establish, in Article 3, n.3 that the University develops its task impregnated with a culture of quality founded on responsibility, efficiency of its action and prevalence of the general interest. According to the Statutes, the University has an internal system that warrants the quality of its projects of teaching, research and interaction with the society, which takes into account the orientations established by the National and European systems of guarantee of quality of higher education. The evaluation of the performance of the teaching staff will result from the elaboration of a self-evaluation report for each Curriculum Unit (CU), under the responsibility of each teacher involved in the teaching of the Course. In order to perform the evaluation of the teaching staff, inquiries to the students will be used, related to the perception of the mandatory CU's, preferably after the examination period. The evaluation will use questionnaires common to all CU's, with few exceptions where it is justified by the type of the CU (for instance, projects, seminars, dissertation or similar). The goal of the report is to promote, in a synthetic form, the global evaluation of the CU with emphasis on the acquisition of competence by the students, identification of the positive pedagogical experience, and definition of plans of improvement whenever unsatisfactory results of student's perception and scholar success are verified. The report shall show the degree of adequacy and actualization of the CU file, CU operation conditions and detected problems, as well as the adequacy of the teaching /learning methods used, especially in what concerns the techniques used for the evaluation of the competence acquisition by the students, the use of Information and Communication Techniques (ICT) in support of the teaching process, pedagogical innovation aspects, identification of positive examples which deserve advertising, and the adequacy of the successful results with the objectives. The Director shall elaborate an annual report, based on the CU reports and other indicators foreseen in the Quality Plan and promoting a critical and prospective reflection of the pedagogical issues. As a measure to improve the teacher's performance, each year annual programs of teaching innovation will be given, allowing individual support to the teaching methodology, promoting mechanisms of individual performance professor evaluation that strengthen the charge attributed to the teaching function and to the publications with educational guidance, endorsing incentives/prizes to teaching. In scientific terms, the Centre for Physics has defined in its rules that the teachers or any other researchers will have to satisfy criteria of scientific and technological productivity in order to join the Centre

5. Descrição e fundamentação de outros recursos humanos e materiais

5.1. Pessoal não docente adstrito ao ciclo de estudos.

Os diferentes Departamentos envolvidos neste projecto de ensino dispõem de um conjunto de pessoal de apoio ao funcionamento das actividades de Ensino, Investigação e Extensão que prestarão apoio a este Curso.

O Departamento de Física dispõe de 2 técnicos superiores, 1 coordenador técnico, 4 assistentes técnicos de apoio aos laboratórios e 4 técnicas administrativas. O quadro do Departamento de Electrónica inclui 2 técnicos superiores, 3 assistentes técnicos de apoio aos laboratórios, 1 assistente técnico de apoio informático e uma assistente técnica administrativa. O quadro do Departamento de Informática inclui 6 técnicos de informática, dos quais 3 são técnicos superiores, bem como 4 técnicas administrativas.

A Universidade do Minho dispõe ainda de um leque alargado de Serviços suportados por recursos humanos com formação actualizada nas respectivas áreas de actuação. Entre estes destacam-se as Bibliotecas, o Serviço de Apoio à Informática e o Serviço de Comunicações.

5.1. Non academic staff allocated to the study cycle.

The different departments involved in this education project have a staff to support the functioning of the activities of Teaching, Research and Extension that will support this course.

The Physics Department has two senior technicians, a technical coordinator, four technical assistants to support laboratories and four administrative techniques. The Department of Electronics has 2 senior and 3 technical assistants to support laboratories, a technical assistant for computer support and one administrative technical assistant. The Department of Informatics has six computer technicians, three of whom are senior technicians and 4 administrative techniques.

The University also offers a wide range of services supported by human resources with specialized training in their areas of activity. Among these there are the libraries, the Computer Support service and Communications Service.

5.2. Instalações físicas afectas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços lectivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.).

A UM dispõe de um conjunto de espaços para bibliotecas, que gerem um conjunto de serviços de pesquisa de informação, indispensáveis às actividades de ensino e aprendizagem, e disponibiliza a toda a sua comunidade académica, uma infra-estrutura de comunicações sem fios.

No DF destacam-se os seguintes espaços de I&D: Laboratórios de Caracterização Optoelectrónica, de Filmes Finos para a Electrónica, de Revestimentos Funcionais e Filmes Finos, de Óptica não Linear, de Propriedades Dieléctricas e de Física Computacional.

O DI dispõe de diversas salas de aula das quais uma se encontra totalmente equipada com sistema de vídeo-conferência e ensino à distância segundo as recomendações da FCCN, anfiteatros dotados de equipamento multimédia e laboratórios de investigação.

O DEI possuiu os seguintes espaços de ensino e I&D: Laboratórios de Microtecnologias no Silício; para teste de microdispositivos em radiofrequência; de Electrónica Médica; de Tomografia Axial Computorizada e de ensino.

5.2. Facilities allocated and/or used by the study cycle (teaching spaces, libraries, laboratories, computer rooms, etc.).

The Minho University has a set of spaces for libraries, which manage a set of research information services, essential to the activities of teaching and learning, and provides to the entire academic community, an infrastructure for wireless communications.

In Physics Department stand out the following areas of R & D: Laboratories of Optoelectronic Characterization, Thin Films for Electronics, Thin Films and Functional Coatings, Nonlinear Optics, Dielectric Properties and Computational Physics.

The DI has several classrooms of which one is fully equipped with system of video conferencing and distance learning according the recommendations of FCCN, lecture halls equipped with multimedia equipment and research laboratories.

The DEI has the following areas of education and R & D: Laboratories for Silicon Microtechnology, to test microdevices in radio frequency, Medical Electronics, Computerized Axial Tomography and teaching.

5.3. Indicação dos principais equipamentos e materiais afectos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didácticos e científicos, materiais e TICs).

Nos Laboratórios destacam-se os seguintes equipamentos:

-Óptica: um laser de fento-segundos, óptica não-linear com Nd:YAG

-Técnicas de deposição: sputtering, CVD, laser ablation, spin-coating;

-diagnóstico materiais: Raman, FTIR, elipsometria, medidas dieléctricas.

- cabine limpa horizontal classe 100; sistema de micromaquinagem volúmica do silício; probe-station; sistema de wire-bonding; bancada de processamento de wafers; sistema de deposição e padronização de polímeros; mask aligner; dicer; perfilometro; estação de prototipagem rápida de circuito impresso e linha de Assembly para SMDs.

- vários sistemas de arquitectura e aplicação diversa dos quais se destaca um cluster de 92 processadores, dois nós da rede PlanetLAB e diverso equipamento de roteamento de vanguarda para o desenvolvimento e experimentação de protocolos de comunicação.

O protocolo assinado entre a o INL e a UM permitirá ainda o acesso a diversos equipamentos na área das micro e nanotecnologias.

5.3. Indication of the main equipments and materials allocated and/or used by the study cycle (didactic and scientific equipments and materials and ICTs).

Labs include the following equipment:

-Optical: a laser-fento seconds, nonlinear optics with Nd: YAG

-Deposition techniques: sputtering, CVD, laser ablation, spin-coating;

-diagnostic materials: Raman, FTIR, ellipsometry, dielectric measurements.

- Clean cabin Class 100 horizontal; system for silicon bulk micromachining; probe-station; wire-bonding system; bench wafer processing, deposition system and patterning of polymers, mask aligner, dicer, profilometer, rapid prototyping station of printed circuit board and assembly line for SMDs.

- Various systems of different architecture and application of which stands a cluster of 92 processors, two nodes of the PlanetLab network and diverse routing equipment to the development and testing of communication protocols.

The protocol signed between the UM and INL will also allow access to various equipment in the area of micro and

nanotechnologies.

6. Actividades de formação e investigação

6.1. Indicação do(s) Centro(s) de Investigação devidamente reconhecido(s), na área científica predominante do ciclo de estudos e respectiva classificação.

Os Centros de investigação envolvidos nas áreas científicas do ciclo de estudos são:

- *Centro de Física (CFUM)*
- *Centro Algoritmi*
- *Centro de Ciências e Tecnologias de Ciências da Computação (CCTC)*

O CFUM obteve a classificação de Excelente na última avaliação dos Centros de Investigação, realizada por um painel de peritos internacionais designado pela FCT.

Os membros do Centro Algoritmi que leccionarão no mestrado integrado em Engenharia Física pertencem ao DEI e integram o grupo de Micro/Nanotecnologias e Aplicações Biomédicas do Centro Algoritmi. Este centro obteve a classificação de Muito Bom na última avaliação efectuada pela FCT.

O Centro de Ciências e Tecnologias de Ciências da Computação (CCTC), devidamente reconhecido pela Fundação para a Ciência e Tecnologia foi classificado com Bom.

O INL participará neste projecto de ensino por meio do protocolo de colaboração celebrado com a Universidade do Minho.

6.1. Research Centre(s) duly recognised in the main scientific area of the new study cycle and its mark.

The research centers involved in the scientific areas of the course are:

- *Centre of Physics (CFUM)*
- *Center Algoritmi*
- *Science and Technology Center for Computer Science (CCTC)*

The CFUM was rated as Excellent in the last evaluation of research centers, held by a panel of international experts appointed by the FCT.

The members of the Center Algoritmi, which will teach courses of the Master in Engineering Physics, belong to DEI and make part of the group of Micro/Nanotechnology and Biomedical Applications of Center Algoritmi. This center was rated Very Good in the latest assessment by the FCT.

The Center for Science and Technology in Computer Science (CCTC), duly recognized by the Foundation for Science and Technology was rated Good

The INL will participate in this education project through the cooperation protocol signed with the University of Minho.

6.2. Indicação do número de publicações científicas da unidade orgânica, na área predominante do ciclo de estudos, em revistas internacionais com revisão por pares nos últimos três anos.

250

6.3. Lista dos principais projectos e/ou parcerias nacionais e internacionais em que se integram as actividades científicas, tecnológicas, culturais e artísticas desenvolvidas na área de ciclo de estudos.

O CFUM tem vários projectos em curso cujas actividades científicas se integram na área deste ciclo de estudos, sendo 20 financiados pela FCT, um pela comissão europeia (FP7) e 5 sub-projectos do projecto estratégico da CFUM. Estes projectos resultaram num financiamento global em 2010, de cerca de 700 mil euros.

No grupo de Micro/Nanotecnologias e Aplicações Biomédicas destacam-se 3 projectos que originaram 3 protótipos, com as respectivas patentes portuguesas e internacionais: detectores de raios-X baseado em tecnologia CMOS; Lab-on-a-chip para análise de fluidos biológicos usando luz branca; microantena integrada sintonizável com dimensões eléctricas reduzidas.

O CCTC participa em vários projectos de investigação na área da Informática financiados quer pela indústria, quer por entidades promotoras da investigação nacionais e europeias. A lista de projectos e parcerias é demasiado extensa para ser reproduzida neste dossier - solicita-se a consulta em <http://cctc.uminho.pt>.

6.3. Indication of the main projects and/or national and international partnerships where the scientific, technological, cultural and artistic activities developed in the area of the study cycle are integrated.

The CFUM has several ongoing projects whose scientific activities are within the area of this course, including 20 funded by FCT, one by the European Commission (FP7) and five sub-projects of the strategic project of CFUM.

These projects resulted in an overall funding in 2010 of about 700 000 €.

In the group of Micro / Nanotechnology and Biomedical Applications stand out three projects that led to three prototypes, with the respective Portuguese and international patents: X-ray detectors based on CMOS technology, lab-on-a-chip for biological fluids analysis using white light; tunable integrated microantena with reduced electrical

dimensions.

The CCTC is involved in several research projects in the area of IT funded by the industry, either by the promoters of national and European research. The list of projects and partnerships is too extensive to be reproduced in this file – please consult <http://cctc.uminho.pt>.

7. Actividades de desenvolvimento tecnológico, prestação de serviços à comunidade e formação avançada

7.1. Descreva estas actividades e se a sua oferta corresponde às necessidades do mercado, à missão e aos objectivos da instituição.

Este ciclo de estudos em Engenharia Física é distinto dos outros já existentes noutras Universidades portuguesas, e vai de encontro às necessidades de formação em novas áreas tecnológicas. A colaboração com os investigadores do Laboratório Ibérico de Nanotecnologia associada às suas infra-estruturas na área das micro e nanotecnologias, permitirá que os alunos tenham acesso a técnicas de micro e nanofabricação, a processos de síntese e caracterização de novos materiais e de novos dispositivos a escalas cada vez menores, com o foco no desenvolvimento de novos produtos na área da nanobiotecnologia e nanoelectronica, entre outros. A Física da Informação abrirá uma área pouco desenvolvida em Portugal, e que permite compreender e desenvolver novos meios de tratamento da informação e comunicação governados pelas diferentes leis da física. Este mestrado satisfará diferentes ofertas de actividades correspondentes a necessidades do mercado e é compatível com os objectivos da UM.

7.1. Describe these activities and if they correspond to market needs and to the mission and objectives of the institution.

This Master in Engineering Physics is distinct from others already existing in other Portuguese universities, and meets the needs of training in new technology areas.

The collaboration with leading researchers of Iberian Nanotechnology Laboratory associated with its infrastructure in the area of micro and nanotechnology, will enable students to have access to techniques of micro and nanofabrication and processes of synthesis and characterization of new materials and new devices of increasingly smaller scales, with a focus on new product development in the area of nanobiotecnology and nanoelectronics, among others.

The Physics of Information will open an undeveloped area in Portugal, which allows to understand and develop new ways of processing information and communication governed by different laws of physics.

These master can satisfy the offers of different activities corresponding to market needs and is consistent with the objectives of UM.

8. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

8.1. Avaliação da previsível empregabilidade dos graduados por este ciclo de estudos com base nos dados do MTSS.

O relatório do GPEARI do Ministério de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior analisa os dados de empregabilidade dos cursos de Engenharia Física na “Área 44–Ciências Físicas”. Os dados disponíveis no relatório referem rácios de desemprego inferiores a 5% para os licenciados entre 1998 e 2008.

O Instituto Americano de Física realizou um estudo sobre a colocação dos mestres em Física no mercado de trabalho nos EUA (<http://www.aip.org/statistics>), onde, dos mestres na área da Física (Física e Eng Física) que ingressaram no mercado de trabalho, 49 % arranhou trabalho no sector privado. Destes, 40% começou a trabalhar no campo da Engenharia, 19% em tecnologia da informação ou em computação, 17% em Física ou Astronomia e 14% em outras ciências naturais, tecnologias ou Matemática. Este estudo vai de encontro ao estudo feito em Espanha e referido no ponto 3.2.2, onde 19.4 % dos Físicos trabalha na área da Informática e Telecomunicações, o que justifica o percurso de Física da Informação

8.1. Evaluation of the graduates' foreseen employability based on MTSS data.

The report of GPEARI of the Ministry of Higher Education analyzes the employability data of Engineering Physics courses in "Area 44-Physical Sciences." The available data in the report relate unemployment ratios below 5% for university graduates between 1998 and 2008.

The American Institute of Physics conducted a study on the placement of masters in physics in the labor market in the U.S. (<http://www.aip.org/statistics>), where the masters in the field of physics (Physics and Engineering Physics) that entered the labor market, 49% found work in the private sector. From these, 40% began working in the field of engineering, 19% in information technology or computer science, 17% in Physics or Astronomy and 14% in other natural sciences, technology or mathematics. This study goes in same direction of the study made in Spain and

referred to in 3.2.2, where 19.4% of physicists are working in the field of Informatics and Telecommunications, which justifies the branch of Physics of Information

8.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES).

Nos últimos 4 anos, as vagas em Engenharia Física e Engenharia Física Tecnológica foram de 165 em 2008/09 e 2009/10 e 195 em 2010/11 e 2011/12. Nestas quatro candidaturas todas as vagas foram preenchidas na 1ª fase do concurso nacional de acesso ao ensino superior.

Para o anos lectivos de 2010/2011 e 2011/2012, os candidatos que tinham como 1ª opção um curso de Engenharia Física, foram de 189 e 194, respectivamente. A maior parte deles concorreu para o Instituto Superior Técnico, mas os cursos de Engenharia Física nas Universidades de Coimbra, Aveiro e Porto tiveram um índice de satisfação da procura de 1.15, 0.7 e 0.69, respectivamente, valores que são superiores a de muitos outros cursos de engenharia. Estes índices de satisfação da procura permitem prever um número suficiente de candidatos para um novo curso nesta área científica na região Norte do País.

8.2. Evaluation of the capacity to attract students based on access data (DGES).

Over the past four years, the vacancies in Engineering Physics were 165 in the academic years of 2008/09 and 2009/10 and 195 in 2010/11 and 2011/12. In these four applications all vacancies were filled in first phase of the national concourse for access to higher education. For the academic years of 2010/2011 and 2011/2012, the candidates who had as a first option an engineering physics course, were 189 and 194, respectively. Most of them applied for the Technical University of Lisbon, but the courses of Engineering Physics at the University of Coimbra, Aveiro and Porto had a satisfaction rate of demand of 1.15, 0.7 and 0.69, respectively, values that are higher than for many other engineering courses. This satisfaction rate allows to foresee a sufficient number of candidates to a new course in this field in the North of the country.

8.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que leccionam ciclos de estudos similares.

A Universidade do Minho já colabora com as Universidades do Porto e de Aveiro no programa doutoral em Física (MAP-Fis), que é comum às três Universidades e existem contactos de modo a desenvolver um programa doutoral em Engenharia Física nos mesmos moldes.

Existe também uma colaboração no mestrado em Física entre as mesmas Universidades, regulamentada por protocolo, de modo a definir percursos educativos que optimizem a articulação entre o mestrado em Física e o C3 do MAP-Fis.

No futuro prevê-se que possa existir uma parceria semelhante ao nível do mestrado em Engenharia Física.

8.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study cycles.

The University of Minho already collaborates with the Universities of Porto and Aveiro in the doctoral program in Physics (MAP-Fis), which is common to the three universities and there are contacts in order to develop a doctoral program in Engineering Physics in the same way.

There is also a collaboration between the same universities in the master's degree in physics, regulated by a protocol, in order to define educational paths that optimize the link between the master course in physics and the doctoral program in Physics, MAP-Fis.

In the future it is expected that can be developed a similar partnership in the master course in Engineering Physics.

9. Fundamentação do número total de ECTS do novo ciclo de estudos

9.1. Justificação do número total de unidades de crédito e da duração do ciclo de estudos com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do Decreto-Lei n.º 74/2006.

A Ordem dos Engenheiros não reconhece o grau académico de licenciado em engenharia obtido em seis semestres de formação, por não ser possível, durante esse período uma formação que se ajuste às necessidades do mercado de trabalho. Nesses seis semestres os alunos obterão uma formação sólida em Física, Matemática, Electrónica e Informática, e só a partir do sétimo semestre é que a generalidade das disciplinas da especialidade faz parte integrante do plano de estudos, pelo que se justifica a formação de Engenheiros Físicos num ciclo de estudos integrado. A referida formação de base permitirá a atribuição do grau de licenciado ao fim dos 6 semestres de trabalho, grau que possibilitará a continuação de estudos na UM ou noutro estabelecimento de ensino superior nacional ou internacional nessa especialidade, a obtenção de um grau académico de 2º ciclo numa outra área de especialização, ou permitirá o acesso ao mercado de trabalho em funções em que seja suficiente a referida formação de base.

9.1. Justification of the total number of credit units and of the duration of the study cycle, based on articles no.8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of Decreto-Lei no. 74/2006.

The Order of Engineers does not recognize the degree of engineer obtained in six semesters, on the grounds that, according to them, it is not possible to acquire in such a short term the level of engineering skills that fit the needs of the labor market. Therefore, in the present proposal the course of Physical Engineering is organized in two

cycles: the first six semesters form the first cycle of studies and will provide students with a solid background in Physics, Mathematics, Electronics and Informatics; the last four semesters make up the second cycle of studies which are dedicated mainly to specialized engineering disciplines. This structure of the course clearly justifies the inclusion of Engineering Physicists in the category of course with integrated cycles of studies.

9.2. Metodologia utilizada no cálculo dos créditos ECTS das unidades curriculares.

A estrutura curricular considerou os seguintes princípios orientadores:

- a) 40 semanas de trabalho lectivo, sendo 15 de aulas e 5 de preparação para avaliações em cada semestre;*
- b) 42 horas de trabalho semanal para os alunos, sendo cerca de 22 horas de contacto com os docentes (aulas teóricas, teórico-práticas, ensino prático e laboratorial e seminário) e 20 horas de trabalho autónomo supervisionado;*
- c) 1 Unidade de Crédito (ECTS) = 28 horas de trabalho;*
- d) Nos primeiros 3 anos, cada semestre é constituído por 5 unidades curriculares, enquanto no 4º ano cada semestre é constituído por 6 unidades curriculares;*
- e) Algumas das unidades curriculares podem ser constituídas por módulos (em que os resultados de aprendizagem implicam menos de 140 horas de trabalho do estudante), de modo a que correspondam a unidades curriculares de 5 ECTS.*

9.2. Methodology used for the calculation of ECTS credits

The curriculum considers the following principles:

- a) 40 weeks of academic work, 15 for classes and 5 for preparation and assessments in each semester;*
- b) 42 hours of work per week for students, with about 22 hours of contact with teachers (theoretical, theoretical-practical, practical and laboratory teaching and workshop) and 20 hours of supervised autonomous work;*
- c) a unit of Credit (ECTS) = 28 hours of work;*
- d) In the first three years, each semester consists of five courses, while in the fourth grade each semester consists of 6 courses;*
- e) Some of the courses may consist of modules (in which learning outcomes require less than 140 hours of student work) in order to match courses with 5 ECTS.*

9.3. Indicação da forma como os docentes foram consultados sobre o método de cálculo das unidades de crédito.

As unidades de crédito por Unidade Curricular foram determinadas de mútuo acordo entre os departamentos proponentes tendo por base as directivas internas da Universidade do Minho quanto às opções padrão de número de créditos por unidade curricular.

9.3. Indication of the way the academic staff was consulted about the method for calculating the credit units.

The units of credit of individual courses were determined by mutual agreement between the proponent departments based on internal directives of the University of Minho concerning the default options for number of credits per course.

10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço europeu

10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com a duração e estrutura semelhantes à proposta.

Embora em Portugal as principais universidades ofereçam cursos em Engenharia Física, esta designação é mais comum nos E.U.A. do que na Europa. As instituições universitárias de referência no espaço europeu, com programas de estudo comparáveis aos da UM, oferecem na sua maioria ciclos de estudos não integrados ao nível C1 e C2 Bolonha. Em muitos casos, é dada formação ao nível de C1 em Física (bacharelato em Física) seguindo-se depois um C2 em Nanotecnologias, Electrónica e Informática, como percurso possível num Mestrado em Física Aplicada. Noutros casos, o C2 em Nanotecnologia surge associado a um C1 em Electrónica. A University College London (UCL) oferece um curso integrado de 4 anos, baseado em Engenharia Electrónica, Informática e Física, que é semelhante em muitos aspectos à proposta que a UM apresenta. A UCL tira partido da proximidade física ao London Centre for Nanotechnology para o ensino da Nanotecnologia, de modo análogo ao que pretendem fazer a UM e o INL.

10.1. Examples of study cycles offered in reference institutions of the European Area of Higher Education with similar duration and structure to the proposed study cycle.

Although Portuguese leading universities normally offer courses in Engineering Physics, this designation is more common in the U.S. than in Europe. Reference universities in Europe with curricula comparable to the one offered in the present proposal by UM, are mostly non-integrated cycles of study at Bologna C1 and C2 levels. In many cases, training is given in Physics up to the level of C1 (Bachelor) followed by a C2 in Nanotechnology, Electronics and Informatics, as a possible route in a MSc in Applied Physics. In other cases, the C2 in Nanotechnology comes in association with a C1 in Electronics. The University College London (UCL) offers an integrated course of four

years, based in Electronic Engineering, Computer Science and Physics, which is similar in many respects to the proposal that UM is presenting now. The UCL takes advantage of the physical proximity to the London Centre for Nanotechnology for teaching Nanotechnology, similar to what UM is willing to do with respect to INL

10.2. Comparação com objectivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior.

Todas as instituições universitárias de referência têm a preocupação de oferecer currícula em Ciência Aplicada o mais abertos possível, podendo os estudantes fazer opções no decorrer do curso, e adquirir uma formação de espectro largo, adaptada ao mercado de trabalho actual. Os cursos de Física Aplicada oferecem percursos em nanociência e nanotecnologia, normalmente com uma forte componente em Engenharia Electrónica. Os cursos de Física Aplicada com percurso explícito em Informática são mais raros, embora muitos cursos de Física Aplicada tenham uma forte componente de informática. O percurso em Informática associado a Engenharia Electrónica é mais frequente. Todas as universidades de referência têm a preocupação de que os alunos de Mestrado sejam expostos o mais cedo possível ao mundo real da investigação, através da realização de projectos e UCs embebidos nos laboratórios de investigação da universidade ou em centros de investigação exteriores.

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study cycles offered in reference institutions of the European Area of Higher Education.

All the reference universities are concerned about offering curricula in Applied Science as open as possible, so that students can make choices throughout the course, and acquire a broad spectrum of scientific knowledge and skills, adapted to today's job market. Applied Physics courses in Europe have curricula in Nanoscience and Nanotechnology, usually together with a strong Electronic Engineering component. Applied Physics courses with an explicit path in Computer Science are less abundant, although many courses in Applied Physics have implicit a strong Computing component. The course in Computer Science associated with an Electronics Engineering curriculum is more frequent. All reference universities make sure that Masters students are exposed to the real world of scientific research as soon as possible, through the implementation of projects and disciplines embedded in the university research laboratories or in research centers outside the university.

11. Estágios e Períodos de Formação em Serviço

11.1. Indicação dos locais de estágio e/ou formação em serviço (quando aplicável)

Anexo VI - Protocolos de Cooperação

Anexo VI - Laboratório Ibérico de Nanotecnologia / International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL)

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

Laboratório Ibérico de Nanotecnologia / International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL)

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 100kB):

[11.1.2._protocolo_INL.pdf](#)

Anexo VI - Laboratório Ibérico de Nanotecnologia / International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL)

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

Laboratório Ibérico de Nanotecnologia / International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL)

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 100kB):

[11.1.2._Adenda INL.pdf](#)

Anexo VII. Mapas de distribuição de estudantes

11.2. Anexo VII. Mapas de distribuição de estudantes. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio.(PDF, máx. 100kB)

Documento com o planeamento da distribuição dos estudantes pelos locais de formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.

<sem resposta>

11.3. Recursos próprios da instituição para acompanhamento efectivo dos seus estudantes no período de estágio e/ou formação em serviço.

11.3. Indicação dos recursos próprios da instituição para o acompanhamento efectivo dos seus estudantes nos estágios e períodos de formação em serviço.

<sem resposta>

11.3. Indication of the institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods.

<no answer>

11.4. Orientadores cooperantes

Anexo VIII. Normas para a avaliação e selecção dos elementos das instituições de estágio responsáveis por acompanhar os estudantes

11.4.1 Anexo VIII. Normas para a avaliação e selecção dos elementos das instituições de estágio responsáveis por acompanhar os estudantes (PDF, máx. 100kB)

Documento com os mecanismos de avaliação e selecção dos monitores de estágio e formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino e as instituições de formação em serviço.

<sem resposta>

Anexo IX. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço

11.4.2. Anexo IX. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (para ciclo de estudos de formação de professores) / External supervisors responsible for following the students activities (only for teacher training study cycles)

Nome / Name	Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional / Professional qualifications	Nº de anos de serviço / Nº of working years
----------------	--	--	---	--

<sem resposta>

12. Análise SWOT do novo ciclo de estudos

12.1. Apresentação dos pontos fortes.

O novo MIEF propõe-se ser um curso inovador e de referência para a formação em Engenharia Física. O novo curso tira partido da maturidade e projecção científica dos departamentos de Física, de Engenharia Informática e de Engenharia Electrónica Industrial da UM, fornecendo uma formação interdisciplinar. O curso está, assim, centrado em dois percursos de formação muito bem identificados: a Engenharia de Micro e Nanotecnologias e, numa oferta de formação inovadora, a Engenharia de Computação Quântica. O curso tira partido da grande proximidade física entre o campus de Gualtar da UM, onde ficará sediado, e o recém-constituído International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL). O curso é apoiado oficialmente pelo INL que o suportará, no percurso de micro/nanotecnologias, com a sua infra-estrutura tecnológica, e com a docência das disciplinas em que os seus investigadores são especialistas de renome.

12.1. Strengths.

The new MIEF intends to be an innovative reference course in Engineering Physics. The new course takes advantage of the maturity and scientific projection of the departments of Physics, Computer Engineering and Industrial Electronics Engineering of the UM, providing interdisciplinary training to its students. The course is very clearly focused in two areas: Micro and Nanotechnology, and Physics of Information and Quantum Computing. The course takes advantage of the close proximity between the UM campus at Gualtar and the newly formed International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL) that officially supports the course and will contribute with its leading scientist's expertise and technological infrastructure to teach several disciplines in the area of micro/nanotechnology.

12.2. Apresentação dos pontos fracos.

A Universidade do Minho é a última, de entre as grandes universidades portuguesas, a oferecer um programa de estudos na área da Engenharia Física. Isto faz com que seja agora necessário recuperar o espaço oferecido às outras concorrentes para esta área de ensino.

O lançamento de novas áreas de formação – como as nanotecnologias e a computação quântica – acarretam um risco de adesão por parte dos eventuais candidatos a estas áreas tecnológicas e de conhecimento. Acresce que este projecto, para vingar, necessita de atrair os melhores estudantes, que reconheçam no curso uma oportunidade inigualável para a sua formação académica.

12.2. Weaknesses.

The University of Minho will be the last, among major Portuguese universities, to offer a program of studies in Engineering Physics. It is therefore necessary to recover the ground lost to other competitors in this area of education.

The share of teaching responsibility with INL, although in a limited (but important) number of disciplines, will be a new experience both for UM and INL and therefore needs to be properly and innovatively managed.

Launching courses in novel engineering areas such as nanotechnology and physics of information, no matter how exciting, modern and job promising they may look carries out the risk of attracting poor adhesion by potential candidates. In addition, for this project to succeed, it needs to attract the best students, who should recognize in this new cycle of studies an unrivaled opportunity for their education.

12.3. Apresentação das oportunidades criadas pela implementação.

O timing para o lançamento do MIEF é único, pela simultaneidade com o arranque do INL que lhe dá apoio objectivo e subjectivo. Existe, assim, o potencial de constituição de um pólo de ensino com recursos ímpares ao nível da Península, que suporte a formação do cluster das nanotecnologias de Braga. O MIEF é também inovador ao propor a formação em física da informação e computação quântica. Estes engenheiros serão capazes de abraçar desde já esta tecnologia da informação do futuro. Por outro lado, estatísticas publicadas em Espanha e nos EUA (ver 3.2.2), mostram que 19% dos estudantes de física encontram emprego no sector da informática e telecomunicações. Este ramo do MIEF vai ao encontro desta procura.

O MIEF surge num momento em que o país atravessa uma grave crise económica. Este curso é um contributo para superar a situação actual, ao apontar caminhos de formação de excelência em áreas tecnológicas muito avançadas, que terão grande impacto na economia do país e da UE.

12.3. Opportunities.

The timing for launching MIEF is unique in that it occurs almost simultaneously with the start of the activities of INL who will provide objective and subjective support to the course. Thus, there is the potential for creating a learning center with a level of human and technological state-of-the-art resources unmatched in the Iberian Peninsula, which will support the formation of a nanotechnology cluster in Braga. The MIEF is also innovative in proposing the education in physics of information. In this way, MIEF engineers will be able to embrace since today the future of information technology. Moreover, according to statistics released in Spain and in the USA, 19% of physics students find employment in the sector of telecommunications. This branch of MIEF will meet that demand.

This is a contribution to overcoming the current economic situation, providing high-level training in advanced technology areas, which will have a major impact on the economy of the country and the EU.

12.4. Apresentação dos constrangimentos ao êxito da implementação.

O curso de Engenharia Física é lançado num momento em que o país atravessa uma grave crise económica. Este facto põe limitações a todas as actividades das instituições públicas portuguesas. O MIEF deverá ser capaz de lidar com esta situação adversa, tirando partido dela para se afirmar na área de conhecimento das tecnologias do futuro, logo que a economia portuguesa regresse ao crescimento. O MIEF situa-se numa área de estudos em que o índice de satisfação da procura tem valores inferiores a 1, com a excepção do curso do IST, Lisboa, onde é 1.87. O mesmo índice relativo ao curso da universidade do Porto na área de Engenharia Física, oferecido pela Faculdade de Ciências, é de 0.60, tendo 21 candidatos assinalado o curso como 1ª escolha. A aposta do MIEF é a de inverter esta situação, tirando partido dos seus pontos fortes para se estabelecer como a licenciatura em Engenharia Física no Norte do país em contraponto à do IST, ao Sul.

12.4. Threats.

The Engineering Physics cycle of studies is launched at a time when the country faces a severe economic crisis. This puts limitations to all activities of the Portuguese public institutions. The MIEF should be able to deal with this adverse situation, taking advantage of it to assert itself in the knowledge area of future technologies, and getting a major payback as soon as the Portuguese economy returns to growth. In the MIEF area of studies the satisfaction of demand (21010) is lower than 1, with the exception of the course of IST, Lisbon, where it is 1.87. The same index for the course of the University of Porto in same area, offered by the Faculty of Sciences, is 0.60, with 21 candidates noting the course as a first choice. The MIEF bet is to reverse this situation, drawing on its strengths to establish itself as a reference degree in Engineering Physics in the North of Portugal paralleling the IST Engineering Physics course in the South, in what concerns demand by students.

12.5. CONCLUSÕES

A proposta de Mestrado Integrado em Engenharia Física da UM surge no momento próprio para tirar partido de factores muito favoráveis, de entre os quais sobressai a criação do INL em Braga, que é uma parceria luso-espanhola, e o apoio deste instituto ao novo mestrado. O entendimento entre os departamentos de Física, da

Escola de Ciências, e de Engenharia Informática e de Engenharia Electrónica Industrial, da Escola de Engenharia da UM, que permitiu desenhar e apresentar o actual dossier MIEF é, também, digno de realce. O MIEF quer afirmar-se como um curso de referência no Norte de Portugal, na área da nanociência e nanotecnologia e na da computação quântica. Embora lançado numa conjuntura difícil para o país, o MIEF possui, no entanto, os ingredientes suficientes para vingar e atrair os melhores alunos interessados na formação nestas áreas de alta-tecnologia, oriundos da região Norte portuguesa e da Galiza espanhola.

12.5. CONCLUSIONS

The proposed UM integrated MSc course in Engineering Physics comes out in time to take advantage of very favorable factors, among which stands out the creation of the INL in Braga, which is a Luso-Spanish partnership, that will contribute to the success of the new course. The common views for a masters degree in Engineering Physics shared by the departments of Physics, Computer Engineering and Industrial Electronics Engineering, allowed the design of the present educative project and will form its supportive basis. The MIEF wants to assert itself as a reference cycle of studies in the field of nanoscience and nanotechnology, information physics and quantum computing in the Northwest of Iberian Peninsula. Although introduced in a difficult economical conjuncture for the country, the MIEF possesses, however, enough ingredients to thrive by attracting the best students interested in the proposed areas of high-technology, whether they come from Northern Portugal or Spanish Galicia.