

ACEF/1920/0306737 — Guião para a auto-avaliação

I. Evolução do ciclo de estudos desde a avaliação anterior

1. Decisão de acreditação na avaliação anterior.

1.1. Referência do anterior processo de avaliação.
ACEF/1314/0306737

1.2. Decisão do Conselho de Administração.
Acreditar

1.3. Data da decisão.
2016-02-15

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

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

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

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

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

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

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

3.2.1. Em caso afirmativo, apresentar uma explanação e fundamentação das alterações efetuadas.
De forma a explorar as possibilidades de desenvolvimento em áreas multidisciplinares e transversais como a medicina e a biologia resultantes da fusão da universidade de Lisboa e da universidade Técnico e indo ao encontro das recomendações da avaliação anterior, criou-se uma nova UC em Bioestatística, como opção na área de Probabilidade e Estatística. A estrutura curricular do ciclo de estudos manteve-se inalterada.

Esta nova UC conta com a colaboração de docentes da FMUL e permite aos alunos aprender conceitos teóricos e aplicá-los na resolução de problemas reais na área das ciências da vida. Estes desafios visam não só preparar metodologicamente os alunos, mas também incentivar a colaboração com especialistas de outra áreas, de modo a formular matematicamente problemas, encontrar soluções e traduzi-las numa linguagem acessível aos investigadores em ciências da vida.

Esta UC é oferecida também aos ciclos de estudo de Engenharia Biomédica do IST e de Medicina da FMUL.

3.2.1. If the answer was yes, present an explanation and justification of those modifications.
In order to seize the opportunity to explore the possibilities of development in multidisciplinary areas such as medicine and biology, resulting from the recent fusion of the University of Lisbon and the Technical University and according to the recommendations of the former evaluation report, a a new CU in Blostatistics was created and offered as an elective

course in the area of Probability and Statistics. The curricular structure of the degree did not change.

This new CU counts with the collaboration of FMUL faculty members and provides the necessary theoretical background to the resolution of problems in life sciences. These challenges are meant not only to prepare students but also to foster the interaction and collaboration with specialists in other areas, in order to formulate problems mathematically, find their solutions and translate them in a way that can be easily understood by life sciences researchers.

This new CU is also offered to Biomedical Engineering from IST and to the FMUL medical school.

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

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

Não

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

NA

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

NA

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

Não

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

NA

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

NA

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

Não

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

NA

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

NA

4.4. (Quando aplicável) registaram-se alterações significativas quanto a locais de estágio e/ou formação em serviço, protocolos com as respetivas entidades e garantia de acompanhamento efetivo dos estudantes durante o estágio desde o anterior processo de avaliação?

Não

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

NA

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

NA

1. Caracterização do ciclo de estudos.

1.1 Instituição de ensino superior.

Universidade De Lisboa

1.1.a. Outras Instituições de ensino superior.**1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):**

Instituto Superior Técnico

1.2.a. Outra(s) unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.) (proposta em associação):**1.3. Ciclo de estudos.**

Matemática Aplicada e Computação

1.3. Study programme.

Applied Mathematics and Computation

1.4. Grau.

Licenciado

1.5. Publicação do plano de estudos em Diário da República (PDF, máx. 500kB).

[1.5._DR_LMAC.pdf](#)

1.6. Área científica predominante do ciclo de estudos.

Matemática Aplicada e Computação

1.6. Main scientific area of the study programme.

Applied Mathematics and Computation

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

461

1.7.2. Classificação CNAEF – segunda área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:

NA

1.7.3. Classificação CNAEF – terceira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:

NA

1.8. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau.

180

1.9. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 63/2016 de 13 de setembro):

6 Semestres

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

6 Semesters

1.10. Número máximo de admissões.

55

1.10.1. Número máximo de admissões pretendido (se diferente do número anterior) e respetiva justificação.

70.

O número de vagas actuais da LMAC no Concurso Nacional de Acesso (CNA) é de 38. Prevê-se-se que este número tenha um aumento de cerca de 10% no próximo ano, de acordo com as directivas anteriores do Governo para cursos com Nota Mínima de Seriação superior a 17 valores, passando para 42. Se acrescentarmos as 10 vagas habitualmente atribuídas para concursos adicionais (maiores de 23, titulares de curso médio e superior e mudança de par instituição/curso) obtemos 52. Com um número máximo de admissões de 70 deixamos espaço para um aumento do número de estudantes internacionais ao longo dos próximos seis anos assim como para posteriores aumentos de 10% no número de vagas do CNA, caso as directivas do Governo se mantenham nos próximos seis anos.

1.10.1. Intended maximum enrolment (if different from last year) and respective justification.

70.

The current number of LMACs admissions on the National Admission for Higher Education is 38. We expect this number to increase next year by approximately 10% to 42, assuming the Government will maintain its policy for degrees with a Minimal Entrance Grade higher than 17. If we add the usual 10 places for additional contests (applicants over the age of 23, holders of middle level and higher education degrees and change of degree/institution), we obtain 52. With a maximum enrollment of 70 we allow room for an increase in the number of international students during the next 6 years as well as for possible additional 10% increases of CNA admissions if the Government maintains its current policy during the next 6 years.

1.11. Condições específicas de ingresso.

Provas de Ingresso:

Matemática A + Física e Química ou Matemática A + Biologia e Geologia

Classificações mínimas:

Classificação mínima de 120 em cada uma das provas de ingresso (exames nacionais do ensino secundário) e Classificação mínima de 140 na nota de candidatura.

A nota de candidatura (NC) é calculada utilizando um peso de 50% para a classificação do Ensino Secundário (MS) e um peso de 50% para a classificação das provas de ingresso (PI).

Fórmula de Cálculo da Nota de Candidatura: $NC = MS \times 50\% + PI \times 50\%$ (ou seja, média aritmética da classificação final do Ensino Secundário e da classificação das provas de ingresso).

Mais informação disponível na página do IST na internet (Ensino/Candidaturas e Inscrições/Concurso Nacional de Acesso).

1.11. Specific entry requirements.

Entrance Exams:

Mathematics A + Physics and Chemistry or Mathematics A + Biology and Geology

Minimum grades:

Minimum grade of 120 in each entrance examination (national examinations of secondary education) and Minimum grade of 140 when applying for the program.

The application grade (AG) is computed using a 50% weight for the final High School classification (MS) and a 50% weight for the classification of the entrance exams (EE).

Formula for calculating the Application Grade: $AG = MS \times 50\% + EE \times 50\%$ (that is, arithmetic average of the final High School classification and the classification of the entrance exams).

More information available at IST webpage (Education/Applications and Admissions/National Admission for Higher Education).

1.12. Regime de funcionamento.

Diurno

1.12.1. Se outro, especifique:

NA

1.12.1. If other, specify:

NA

1.13. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

Instituto Superior Técnico, Alameda Campus, Lisboa

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

[1.14._Desp n.º 6604-2018, 5 jul_RegCreditaçãoExpProfissional.pdf](#)

1.15. Observações.

Pretende-se que as possibilidades para as provas de ingresso venham a ser as seguintes três hipóteses:

Matemática A ou Matemática A + Física e Química ou Matemática A + Biologia e Geologia,

acrescentando a possibilidade do aluno utilizar apenas a prova de ingresso de Matemática A.

Note-se que todos os cursos congéneres do país admitem a possibilidade do aluno utilizar apenas a prova de ingresso de Matemática A, pelo que não faz sentido que seja diferente para a LMAC.

Para além disso, cremos que esta medida irá aumentar o número de alunos colocados em primeira opção (actualmente cerca de 65%).

1.15. Observations.

We intend to change the required Entrance Exams in order to allow the following three possibilities:

Mathematics A or Mathematics A + Physics and Chemistry or Mathematics A + Biology and Geology,

adding the possibility of only using the Mathematics A Entrance Exam.

Note that all similar degrees in mathematics in Portugal have this possibility so LMAC should also adopt it.

Moreover, we believe that this possibility will increase the number of admitted students that choose LMAC as their first option.

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

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

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

Opções/Ramos/... (se aplicável):

Tronco Comum

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

Common Branch

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

2.2. Estrutura Curricular - Tronco Comum

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

Tronco Comum

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

Common Branch

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

before a degree is awarded

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos Optativos / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Todas as áreas Científicas do IST/All scientific areas of IST	OL	0	12	Opções com um máximo de 15 ECTS
Física-Matemática/Physics-Mathematics	FisMat	1.5	0	
Probabilidades e Estatística/Probability and Statistics	PE	13.5	7.5	Opções com máximo de 22,5 ECTS
Matemáticas Gerais/General Mathematics	MatGer	28.5	0	
Físicas e Tecnologias Básicas/Basic Physics and Technologies	FBas	18	0	
Geometria/Geometry	Geom	7.5	0	Opções com um máximo de 15 ECTS
Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos/Differential Equations and Dynamics Systems	EDSD	7.5	0	Opções com um máximo de 15 ECTS
Competências Transversais/Crosscutting Skills	CT	9	0	Opções com um máximo de 4.5 ECTS
Análise Real e Análise Funcional/Real Analysis and Functional Analysis	ARAF	7.5	0	Opções com um máximo de 15 ECTS
Análise Numérica e Análise Aplicada/Numerical Analysis and Applied Analysis	ANAA	21	0	Opções com um máximo de 15 ECTS
Álgebra e Topologia/Algebra and Topology	AlgTop	21	0	Opções com um máximo de 15 ECTS
Engenharia e Gestão de Organizações/Engineering and Management of Organizations	EGO	4.5	0	
Lógica e Computação/Logic and Computing	LogCom	21	0	Opções com um máximo de 15 ECTS
(13 Items)		160.5	19.5	

2.3. Metodologias de ensino e aprendizagem centradas no estudante.

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

Ao nível da aprendizagem, várias estratégias têm sido exploradas e implementadas de forma a aumentar o papel activo dos estudantes:

- 1) utilização de ferramentas digitais que permitem um feedback quase instantâneo do acompanhamento dos alunos (e.g. Kahoot);*
- 2) utilização da plataforma MOOC.Técnico (mooc.tecnico.ulisboa.pt) para aprendizagem à distância e avaliação;*
- 3) utilização de técnicas de “flipped-classroom” com envolvimento dos estudantes em processos de avaliação mútua e feedback;*
- 4) integração de estudantes de projecto em equipas dos institutos de investigação e/ou empresas, muitas vezes inseridos em projectos nacionais ou internacionais;*
- 5) projectos multidisciplinares desenvolvidos por estudantes de vários cursos como, por exemplo, a construção de um carro eléctrico;*
- 6) organização de jornadas, pequenos cursos, escolas de Verão e participação em actividades departamentais, permitindo o desenvolvimento de competências transversais.*

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

In terms of learning, different strategies have been explored and implemented to increase the students' active role:

- 1) use of digital tools that allow almost instantaneous feedback on the subjects (e.g. Kahoot);*
- 2) use of the MOOC.Técnico platform (mooc.tecnico.ulisboa.pt) for distance learning and evaluation;*
- 3) use of flipped-classroom techniques by getting students involved in mutual evaluation processes and feedback;*
- 4) projects integrating students in teams of research institutes and/or companies, often involved in national or international projects;*
- 5) multidisciplinary projects developed by students of different programmes, for example, the construction of an electric car;*
- 6) organisation of meetings, short courses, Summer schools and participation in departmental activities, developing*

crosscutting skills.

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

No âmbito do preenchimento dos inquéritos QUC (Qualidade das Unidades Curriculares) os estudantes têm de responder a uma questão relativa à carga de trabalho relativa a cada UC. A informação recolhida para cada UC é compilada e tratada para comparar a carga prevista com a carga estimada pelos estudantes. Quando há um grande desajuste entre estas (superior a 1,5 ECTS) a situação é analisada no âmbito da Comissão QUC do Conselho Pedagógico. Nos casos em que se justifique é estabelecido um plano de ação envolvendo os departamentos e as coordenações.

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

On the QUC inquiry (Course Unit Quality System), students must answer a question related to the workload for each UC. The information obtained is then gathered, treated and compared to the expected workload. When the difference between the estimated workload and the expected workload is significant (greater than 1,5 ECTS) the situation is analyzed by the QUC Committee of the Pedagogical Council. If necessary, a plan of action is devised involving departments and programme coordinators.

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

Em julho de cada ano são efectuadas reuniões de coordenação dos vários cursos, de forma a calendarizar o trabalho exigido aos estudantes ao longo dos semestres lectivos e dos períodos de avaliação, de forma a distribuir o trabalho dos estudantes ao longo do tempo, dando especial ênfase à aprendizagem contínua. Esta calendarização atempada permite ao estudante planear o seu ano lectivo/semestre, potenciando o sucesso escolar.

No âmbito do preenchimento dos inquéritos QUC (Qualidade das Unidades Curriculares) os estudantes têm de responder a um conjunto de questões específicas relativo à aquisição e/ou desenvolvimento de competências obtidas no âmbito de cada UC, que inclui perguntas sobre o desenvolvimento de conhecimentos e compreensão das matérias, bem como a melhoria da capacidade de aplicação de conhecimentos de forma autónoma e de desenvolvimento do sentido crítico na utilização prática das mesmas.

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

Every year in July, meetings are held with programme coordinators, in order to schedule the work required from students throughout the semesters and evaluation periods. The purpose is to distribute student workload throughout time, giving special attention to continuous learning. This timely scheduling allows the students to plan their academic year/semester, enhancing academic achievement.

On the QUC inquiries, students have to answer a number of specific questions regarding the acquisition and/or development of skills acquired under each UC. These include questions about the development of knowledge and understanding of subject matters, improvement of the autonomous capacity of application of knowledge and development of critical judgment on practical applications.

2.4. Observações

2.4 Observações.

A LMAC é atualmente uma licenciatura de grande qualidade, bem estruturada, com um corpo docente experiente e diversificado. Fornece uma base sólida para estudos de segundo ciclo com vista quer a actividade científica fundamental e aplicada. Atrai alguns dos melhores estudantes do país que procuram a LMAC pela sua reputação e qualidade e pela sua elevada taxa de empregabilidade.

A LMAC valoriza as práticas pedagógicas, o que tem um impacto real na forma como o curso é ministrado. O desempenho dos docentes é monitorizado pelos alunos (através dos QUCs), pelo Núcleo de Desenvolvimento Académico (no caso dos professores em início de carreira) e pelo Conselho Pedagógico (em casos críticos).

A estrutura curricular da LMAC é diversificada e flexível. Os alunos podem escolher um mínimo de 12 ECTS em UCs de opção entre todas as UCs do IST ou da UL, permitindo ajustar o curso às suas preferências e interesses.

2.4 Observations.

LMAC is currently a well-structured and high-quality degree with an experienced and diverse faculty. It offers a solid core of foundational knowledge of mathematics that will give students a strong background for further study and/or for a career in mathematics or in other technical or scientific fields. It attracts some of the best students of the country who choose LMAC because of its reputation and high employment rate.

LMAC values pedagogical practices, which has a real impact on how the degree is delivered. The performance of professors is monitored by the students (through QUCs), by the Academic Development Center (in the case of new early career lecturers) and by the Pedagogical Council (in critical cases).

LMAC's curriculum is flexible and diversified. Students can choose a minimum of 12 ECTS among all IST/UL's CUs, enabling them to adapt the degree to their preferences and interests.

3. Pessoal Docente

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

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

Professores Leonor Pires Marques de Oliveira Godinho e José António Maciel Natário

3.3 Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)

3.3. Equipa docente do ciclo de estudos / Study programme's teaching staff

Nome / Name	Categoria / Category	Grau / Degree	Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment link	Informação/ Information
Margarida Maria Das Neves Estêvão Baía	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		CIÊNCIAS MATEMÁTICAS	100	Ficha submetida
Ruben Maurício da Silva Conceição	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		FÍSICA	30	Ficha submetida
Manuel Peres Alonso	Leitor ou equivalente	Doutor		FÍSICA	100	Ficha submetida
Luís Pereira de Quintanilha e Mendonça Dias Torres Magalhães	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	Ficha submetida
António José Vieira Bravo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	Ficha submetida
João Luís Gustavo de Matos	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA DO TERRITÓRIO	100	Ficha submetida
Giovani Loiola da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	Ficha submetida
Ana Bela Ferreira Cruzeiro Zambrini	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		MATEMÁTICA	100	Ficha submetida
Francisco Miguel Alves Campos de Sousa Dionísio	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	Ficha submetida
João Paulo Fernandes Teixeira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		MATEMÁTICA	100	Ficha submetida
Carlos Manuel Costa Lourenço Caleiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	Ficha submetida
Pedro Miguel Santos Gonçalves Henriques	Professor Associado ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	Ficha submetida
Jaime Arsénio de Brito Ramos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	Ficha submetida
João Alberto dos Santos Mendanha Dias	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		FÍSICA	100	Ficha submetida
Manuel Gonzalez Scotto	Professor Associado ou equivalente	Doutor		MATEMÁTICA- ESTATÍSTICA E INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL (PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA)	100	Ficha submetida

Jorge Manuel Amaro D' Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Maria João Simões Nunes Borges Teixeira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Manuel João Cabral Morais	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Maria Isabel Da Conceição Santos Reis dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL	100	Ficha submetida
Carlos Manuel Ferreira Monteiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL	100	Ficha submetida
João Luís Gonçalves Dias Ferreira Alves	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Maria Cristina De Sales Viana Seródio Sernadas	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMÁTICA-PROBABILIDADE E PROCESSOS ESTOCÁSTICOS	100	Ficha submetida
Maria da Conceição Esperança Amado	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Gonçalo Nuno Marmelo Foito Figueira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Francisco José Sepúlveda Gouveia Teixeira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Leonor Pires Marques de Oliveira Godinho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Gabriel Esperança Pires	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Manuel Paulo De Oliveira Ricou	Professor Catedrático convidado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
João Agostinho De Oliveira Soares	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL	100	Ficha submetida
Sofia Marta Lima Naique	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Amarino Brites Lebre	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Pedro Alves Martins da Silva Girão	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMÁTICA	100	Ficha submetida
João Filipe Quintas dos Santos Rasga	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Pedro Alves Martins Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Ana Maria Vergueiro Monteiro Cidade Mourão	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Ana Catarina Pagarim Ribeiro Kaizeler	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	ECONOMIA/GESTÃO	50	Ficha submetida
Isabel Maria Alves Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Fernando Martins Vicente Nascimento	Professor Associado convidado ou equivalente	Doutor	GESTÃO ("Major" em MARKETING, "Minor" em ESTATÍSTICA)	60	Ficha submetida
Paulo José de Jesus Soares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Maria do Rosário De Oliveira Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida

Ana Maria Santos Ferreira Gorjão Henriques	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMÁTICA	100	Ficha submetida
Adélia da Costa Sequeira dos Ramos Silva	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Ana Sofia Paulino Afonso	Assistente convidado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	30	Ficha submetida
Paulo Sérgio De Brito e Silva dos Anjos Lopes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Paulo Alexandre Carreira Mateus	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Cláudia Rita Ribeiro Coelho Nunes Philippart	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Luís Manuel Gonçalves Barreira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMÁTICA	100	Ficha submetida
Carlos José Santos Alves	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
João Paulo Neves Monteiro dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Guilherme Henrique Caçador Ramos	Monitor ou equivalente	Doutor	MATEMÁTICA	100	Ficha submetida
Juha Hans Videman	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
João Maria da Cruz Teixeira Pinto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Michael Joseph Paluch	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
João Pedro Saraiva Bizarro	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Maria da Conceição Pizarro de Melo Telo Rasquilha Vaz Pinto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Jorge Filipe Drumond Pinto da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
José António Maciel Natário	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMÁTICA	100	Ficha submetida
Maria Joana Mendes Bordalo Ventura	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Leonardo Macarini	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMÁTICA	100	Ficha submetida
				5670	

<sem resposta>

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

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

3.4.1.1. Número total de docentes.

59

3.4.1.2. Número total de ETI.

56.7

3.4.2. Corpo docente próprio do ciclo de estudos

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

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº de docentes / Staff number	% em relação ao total de ETI / % relative to the total FTE
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution:	55	97.00176366843

3.4.3. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado

3.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor / Academically qualified teaching staff – staff holding a PhD

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	Nº de docentes (ETI) / Staff number in FTE	% em relação ao total de ETI* / % relative to the total FTE*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff holding a PhD (FTE):	56.7	100

3.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

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

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	Nº de docentes (ETI) / Staff number in FTE	% em relação ao total de ETI* / % relative to the total FTE*	
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme	46	81.128747795414	56.7
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0	56.7

3.4.5. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação

3.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente / Stability and development dynamics of the teaching staff

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	Nº de docentes (ETI) / Staff number in FTE	% em relação ao total de ETI* / % relative to the total FTE*	
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	54	95.238095238095	56.7
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year	0	0	56.7

4. Pessoal Não Docente

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

Os seguintes factos dificultam a identificação dos funcionários não docentes (FND) afetos à lecionação da LMAC:

** a organização do IST prevê a afetação dos FND a departamentos e não a cursos;*

** muitos dos funcionários, em particular os dependentes dos órgãos centrais, dão apoio ao conjunto cursos e não a um em particular;*

** as tarefas de apoio direto à LMAC são, em alguns casos, apenas uma parcela do conjunto de tarefas que desempenham.*

Uma vez que o funcionamento deste ciclo de estudos depende em larga escala dos serviços do DM, apresenta-se abaixo uma lista contendo unicamente os funcionários deste departamento que se dedicam à LMAC em tempo parcial (TP).

** Apoio administrativo – 1 (TP)*

** Apoio Informático - 1 (TP)*

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

The exact identification of the non-teaching staff (NTS) involved with LMAC is difficult due to the following facts:

** IST non-teaching staff is assigned to departments and not to the undergraduate programs;*

** many of them, in particular those dependent of the central administration, give support to all IST programs and not to a specific one;*

** administrative support to LMAC is only a portion of the set of their total activities;*

Since LMAC depends largely on the administration services provided by the Mathematics Department, only those partially dedicated to LMAC are listed:

** Administrative support - 1 (PT)*

** Computer support - 1 (PT)*

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

A qualificação dos funcionários não-docentes identificados no ponto 4.1 é a seguinte:

** Licenciatura - 1*

** 12º Ano - 1*

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

The qualification of the non-teaching staff identified in point 4.1 is the following:

** “Licenciatura” - 1*

** High school (12TH grade) - 1*

5. Estudantes

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

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

5.1.1. Total de estudantes inscritos.

136

5.1.2. Caracterização por género

5.1.1. Caracterização por género / Characterisation by gender

Género / Gender

%

Masculino / Male	68
Feminino / Female	32

5.1.3. Estudantes inscritos por ano curricular.

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

Ano Curricular / Curricular Year	Nº de estudantes / Number of students
1º ano curricular	46
2º ano curricular	39
3º ano curricular	51
	136

5.2. Procura do ciclo de estudos.

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

	Penúltimo ano / One before the last year	Último ano/ Last year	Ano corrente / Current year
N.º de vagas / No. of vacancies	35	33	38
N.º de candidatos / No. of candidates	273	263	261
N.º de colocados / No. of accepted candidates	35	33	38
N.º de inscritos 1º ano 1ª vez / No. of first time enrolled	41	42	43
Nota de candidatura do último colocado / Entrance mark of the last accepted candidate	181.3	183.5	183.8
Nota média de entrada / Average entrance mark	186.5	186.8	188

5.3. Eventual informação adicional sobre a caracterização dos estudantes

5.3. Eventual informação adicional sobre a caracterização dos estudantes.

A análise dos resultados de ingresso para a LMAC na 1ª fase do Concurso Nacional de Acesso ao Ensino Superior, realizada pelo Núcleo de Estatística e prospetiva do IST em Setembro 2018 permite caracterizar melhor os estudantes da LMAC.

** No que se refere ao indicadores de procura, verifica-se que foram preenchidas todas as vagas (33). Escolheram a LMAC como primeira opção cerca de 70% dos alunos colocados. No total existiram 263 candidatos, sendo que entre estes candidatos a LMAC foi indicada por 60 como 1ª opção. Resulta assim um rácio de 1,8 entre candidatos em 1ª opção e o número de vagas, um dos valores mais elevados no IST.*

** No que se refere às classificações, a nota mínima de seriação foi de 183.5, sendo que a nota média de seriação foi de 183.5. A média do ensino secundário foi de 186,8 e a média da prova de ingresso de Matemática A foi de 188,2.*

** Verifica-se ainda que 67% dos alunos são do sexo masculino e 33% são do sexo feminino.*

Para mais informações sobre os resultados do corrente ano e dos anos anteriores consultar:

https://nep.tecnico.ulisboa.pt/download/o-ingresso-no-ist-em-2018_19.pdf

5.3. Eventual additional information characterising the students.

The analysis of the results of admission for LMAC in the first phase of the National Higher Education Access Contest, carried out by the IST Statistics and Prospecting Nucleus in September 2018, allows us to better characterize LMAC students:

** Demand indicators: all the available places (33) have been filled. LMAC was chosen as the first option by nearly 70% of the students placed. There were 263 candidates in all, and among these candidates LMAC was the first option for 60 students, yielding a ratio of 1.9 between 1st options candidates and the number of places available, one of the highest*

values in IST.

*** Classifications: the minimum GPA was 183.5, and the average GPA of the placed students was 183.5. The average of the high school GPA was 186,8 and the average grade on the Mathematics placement exam was 188,2.**

*** Moreover, 67% of the students are male and 33% are female.**

For more information on the results of the current year and of the previous years consult:

https://nep.tecnico.ulisboa.pt/download/o-ingresso-no-ist-em-2018_19.pdf

6. Resultados

6.1. Resultados Académicos

6.1.1. Eficiência formativa.

6.1.1. Eficiência formativa / Graduation efficiency

	Antepenúltimo ano / Two before the last year	Penúltimo ano / One before the last year	Último ano / Last year
N.º graduados / No. of graduates	38	26	32
N.º graduados em N anos / No. of graduates in N years*	18	17	22
N.º graduados em N+1 anos / No. of graduates in N+1 years	10	3	8
N.º graduados em N+2 anos / No. of graduates in N+2 years	4	2	0
N.º graduados em mais de N+2 anos / No. of graduates in more than N+2 years	6	4	2

Pergunta 6.1.2. a 6.1.3.

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

NA

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

NA

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

Ainda no âmbito do QUC está prevista a apresentação dos resultados semestrais de cada UC não só ao coordenador de curso, como também aos presidentes de departamento e aos responsáveis pelas várias UC. Paralelamente, o coordenador de curso tem ao seu dispor no sistema de informação um conjunto de ferramentas analíticas que permitem analisar e acompanhar o sucesso escolar nas várias UCs ao longo do ano letivo.

No ano lectivo 2018/2019 verificou-se que todas as UCs de todas as áreas científicas tiveram uma taxa de aprovação superior a 70% com a exceção de duas UCs (Introdução à Optimização e Logica Matemática). Com base nestes resultados, a coordenação tem a preocupação efetiva de monitorizar a forma como estas UC são leccionadas enquanto decorrem. Os responsáveis por estas UCS procuraram ainda reestruturar os programas em conjunto com representantes dos alunos, de forma a que fiquem mais equilibrados. Estas alterações, caso sejam aprovadas, entrarão em vigor no ano lectivo 2021/2022.

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

As part of the QUC system, half yearly results of each course unit are submitted not only to the degree coordinator, but also to the heads of departments and those responsible for the course units. The course coordinator also has a set of analytical tools that allow him/her to analyze and monitor the academic achievement of the different course units throughout the academic year.

In 2018/2019 all CUs across all scientific areas had a success rate greater than 70% with the exception of two CUs (Introduction to Optimization and Mathematical Logic). Based on these results, the coordinator has the effective concern of monitoring how these CUs are taught during the semester. Moreover, the corresponding professors, along with representatives of the students, have restructured these courses in order to make them more balanced. If approved, these changes will begin in 2012/2022.

6.1.4. Empregabilidade.

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

As estatísticas apresentadas resultam do XI Relatório sobre a situação profissional dos diplomados de 2º ciclo (Recém diplomados 2015/16 aproximadamente 18 meses após a conclusão do curso) do Técnico.

*Diplomados a trabalhar: 100%
1º Emprego antes de concluir o curso: 77,8%
1º Emprego até 6 meses após a conclusão: 100%
Emprego na área de formação: 100%
Remuneração média (mensal/€): 3367 €
Internacionalização: 71,4%*

*Questionário aplicado entre Junho e Dezembro de 2018;
Universo: 1099;
Taxa de Resposta: 51,4%.*

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

The statistics reported are based on the 11th Report on Employment Status of 2nd cycle Graduates from Técnico (New graduates 2015/16/ approximately 18 months after graduation).

*Graduates working: 100%
1st job before graduation: 77,8%
1st job until 6 months after graduation: 100%
Employability in the area of expertise: 100%
Average pay (monthly/€): 3367 €
Internationalisation: 71,4%*

*Questionnaire conducted between June and December 2018;
Universe: 1099;
Response Rate: 51.4%.*

6.1.4.2. Reflexão sobre os dados de empregabilidade.

O acompanhamento do percurso profissional é feito apenas ao nível do 2º ciclo. Esta situação deve-se ao facto da maioria dos diplomados de 1º ciclo transitar e frequentar um 2º ciclo no IST. A percentagem de diplomados que não prossegue estudos no IST é residual e é de cerca de 5%. Esta população é acompanhada apenas com o propósito de identificar os motivos para não prosseguimento de estudos no IST.

Perante este cenário, não há matéria suficiente que justifique a recolha de dados de situação profissional junto dos diplomados de 1º ciclo. A eficácia e eficiência ao nível da inserção profissional dos cursos de 1º ciclo é aferida ao nível do desempenho dos diplomados dos cursos de 2º ciclo que lhes dão continuidade (ex. Mestrado em Matemática e Aplicações -MMA).

6.1.4.2. Reflection on the employability data.

The follow-up of the professional course is done only at the level of the 2nd cycle. This situation is due to the fact that most 1st cycle graduates pass and attend a 2nd cycle in IST. The percentage of graduates who are not pursuing studies at the IST is residual and is around 5%. This population is monitored only for the purpose of identifying the reasons for not continuing studies at IST.

Given this scenario, there is insufficient data to justify the collection of professional status data from 1st cycle graduates. The efficacy and efficiency in terms of the professional insertion of 1st cycle courses is measured at the

level of the performance of the graduates of the 2nd cycle courses that give them continuity (eg Master degree in Mathematics and Applications).

6.2. Resultados das atividades científicas, tecnológicas e artísticas.

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

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

Centro de Investigação / Research Centre	Classificação (FCT) / Mark (FCT)	IES / Institution	N.º de docentes do ciclo de estudos integrados/ No. of integrated study programme's teachers	Observações / Observations
CAMGSD	Excelente	IST	17	NA
CEMAT	Muito Bom	IST	9	NA
CEAFEL	Bom	IST/FCUL	3	NA
SQUIG-IT	Muito Bom	IST	4	NA
CEAUL	Muito Bom	FCUL	2	NA
CMAFcIO	Muito Bom	FCUL	2	NA

Pergunta 6.2.2. a 6.2.5.

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

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/6cdbbd96-e36d-55f3-0bea-5e5fa08dd0b7>

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

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/other-scientific-publication/formId/6cdbbd96-e36d-55f3-0bea-5e5fa08dd0b7>

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

Para além das suas funções de Ensino e I&D, o IST desenvolve atividades de ligação à Sociedade, contribuindo para o desenvolvimento económico e social do País em áreas relacionadas com a sua vocação no domínio da Engenharia, Ciência e Tecnologia. Procura-se estimular a capacidade empreendedora de alunos e docentes, privilegiando a ligação ao tecido empresarial.

Os alunos podem participar num conjunto alargado de atividades extracurriculares fomentadas pelas associações de estudantes e com o apoio da Escola. As infra-estruturas existentes permitem a prática de atividades culturais, lúdicas e desportivas, as quais assumem um papel importante na vida no IST e contribuem para que a vivência universitária se estenda para além do ensino. O cinema, o teatro, a música, a pintura, o jornalismo, a fotografia e a rádio têm assumido uma importância crescente. A nível desportivo é possível a prática de um vasto conjunto de modalidades, havendo equipas universitárias em várias competições.

No que diz respeito especificamente à LMAC temos:

** Diversos docentes do DM participam regularmente como tutores no programa "Novos Talentos em Matemática" da Fundação Calouste Gulbenkian, orientando bolseiros deste programa.*

** O DM promove anualmente atividades de verão para alunos do secundário que visitam o departamento. Como exemplo salienta-se a o programa de verão "Matemática no Técnico - Vem conhecer as melhores profissões do mundo" (informação adicional na página internet do DM teaching/mt/2019/).*

** O DM estabeleceu ao longo do tempo diversos protocolos com escolas secundárias da área de Lisboa promovendo várias atividades de divulgação nessas escolas.*

** Criação do NMATH - Núcleo de Estudantes de Matemática do IST que promove diversas atividades de apoio à comunidade desenvolvidas por estudantes da LMAC*

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

In addition to its teaching and R&D functions, IST develops activities of connection to society, contributing to the economic and social development of the country in areas related to its vocation in the fields of Engineering, Science

and Technology. There is an aim to stimulate the entrepreneurial capacity of students and faculty, favouring the existence of links to enterprises.

Students can participate in a wide range of extracurricular activities sponsored by student's organizations and with the support of the School. The existing infrastructure allows the exercise of cultural activities, recreational and sports, which play an important role in IST life and contribute to a university experience extending beyond the learning process. Cinema, theatre, music, painting, journalism, photography and radio have assumed increasing importance. In sports, the practice of a wide range of modalities is possible, with university teams involved in various competitions.

In the particular case of LMAC we have:

*** Several faculty members of the math department regularly participate as tutors on the "Novos Talentos em Matemática" program from Fundação Calouste Gulbenkian, guiding students on a small research project.**

*** Every year the Math Department organizes summer activities for high school students that visit the department. As an example we have our yearly summer program "Mathematics at Técnico" (additional information information is available at the DM's web page at teaching/mt/2019/).**

*** The MD has established several agreements with high schools in the Lisbon area, promoting several math divulgation activities at these schools.**

*** Establishment of NMATH - which congregates LMAC's students and promotes several divulgation activities.**

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

A grande maioria dos docentes do Departamento de Matemática está integrada em centros de investigação, integrando diversos projectos nacionais e internacionais financiados em 2019/2020. Em particular temos

*** 25 Projectos de investigação nacionais com um financiamento aproximado de 4.001.000€**

*** 13 Projectos de investigação internacionais com um financiamento aproximado de 5.478.000€.**

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

The vast majority of faculty members of the Department of Mathematics are integrated into different research centers and involved in several national and international research projects financed in 2019/2020. In particular we have

*** 25 National Research Projects with approximate funding of 4.001.000€**

*** 13 International Research Projects with approximate funding of 5.478.000€.**

6.3. Nível de internacionalização.

6.3.1. Mobilidade de estudantes e docentes

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

	%
Alunos estrangeiros matriculados no ciclo de estudos / Foreign students enrolled in the study programme	0
Alunos em programas internacionais de mobilidade (in) / Students in international mobility programmes (in)	0
Alunos em programas internacionais de mobilidade (out) / Students in international mobility programmes (out)	0
Docentes estrangeiros, incluindo docentes em mobilidade (in) / Foreign teaching staff, including those in mobility (in)	7
Mobilidade de docentes na área científica do ciclo de estudos (out) / Teaching staff mobility in the scientific area of the study (out).	0

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

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

O IST participa em 6 redes de excelência internacionais:

*** CLUSTER (12 das melhores escolas de engenharia da Europa);**

*** TIME (54 parceiros, focada em programas duplos/conjuntos; membro do advisory committee);**

*** ATHENS (14 parceiros; Formações de curta duração);**

*** MAGALHÃES (30 parceiros; rede de cooperação entre a europa e a américa central e do sul; tem prog. de mobilidade**

equivalente a Erasmus-mais de 1000 estudantes por ano; membro do follow-up committee);

** CESAER (rede com mais de 40 parceiros na europa, focada no lobby com a Comissão Europeia; membro do advisory board) e*

** HERITAGE (18 parceiros europeus e da Índia, que visa estimular a cooperação entre as duas regiões).*

O IST tem ainda participação nas iniciativas EIT (InnoEnergy e Health), nos programas CMU, MIT e UTA Portugal e, mais recentemente, num dos projetos pioneiros das Universidades Europeias (UNITE). Destacam-se também diversos projetos ICM, Duplos Graus Msc/Phd e Erasmus Plus KA2 com vários países no mundo.

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

IST is currently involved in 6 international networks:

** CLUSTER (12 of the best engineering schools in Europe);*

** TIME (54 partners focused on double/joint degrees; member of the advisory committee);*

** ATHENS (14 partners, short training courses);*

** MAGALHÃES (30 partners; cooperation network between Europe and Central and South America. It has mobility prog. equivalent to ERASMUS with over 1000 students per year; member of the the follow-up committee);*

** CESAER (network with over 40 european partners, focused on lobbying with the EU; member of the advisory board);*

** HERITAGE (18 partners from Europe and India to stimulate cooperation between both regions).*

Other participations includes the EIT initiatives (Health & InoEnergy), CMU, MIT and UTA Portugal Programmes, and, more recently, one of the European Universities projects–UNITE. IST is also partner in ICM, Double/Joint Msc/Phd Degrees and ERASMUS Plus KA2 actions with several projects with diverse regions around the globe.

6.4. Eventual informação adicional sobre resultados.

6.4. Eventual informação adicional sobre resultados.

A eficiência formativa da LMAC melhorou significativamente desde a última avaliação pela A3ES:

** O número de diplomados em 3 anos ao longo dos últimos anos foi evoluindo de 8 alunos em 2012 para 18 alunos em 2016 e 22 alunos em 2018.*

** A taxa média de alunos aprovados nas UCs da LMAC aumentou consistentemente desde 2012/2013, tendo ultrapassado os 80% em 2018/2019;*

** A média das taxas de estudantes não avaliados diminuiu de cerca de 25% em 2012/2013 até cerca de 10% em 2018/2019.*

Alguns alunos terminam a licenciatura em 4 ou mais anos porque se inscrevem no Mestrado em Matemática e Aplicações sem ter completado os 180 ECTS da licenciatura, deixando uma ou duas UCs em atraso que só tentam concluir mais tarde.

6.4. Eventual additional information on results.

The formative efficiency of LMAC has significantly improved since the last evaluation by the A3ES:

** The number of graduates in 3 years over the last few years has evolved from 8 students in 2012 to 18 students in 2017 and 22 students in 2018.*

** The average passing rate of the different CUs has consistently improved since 2012/2013, surpassing 80% in 2018/2019;*

** The average rate of students that choose not to be evaluated has decreased from 25% (aprox.) en 2012/2013 to 10% in 2018/2019.*

Several students only graduate after 4 or more years because they can start their graduate studies in the Master degree in Mathematics and Applications without completing the required 180 ECTS, leaving just one or two courses behind which they try to complete later on.

7. Organização interna e mecanismos de garantia da qualidade

7.1 Existe um sistema interno de garantia da qualidade certificado pela A3ES

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

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

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

Sim

7.1.1. Hiperligação ao Manual da Qualidade.

http://cgq.tecnico.ulisboa.pt/files/sites/76/manualqualidadev03_00.pdf

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

[7.1.2._r3a_LMAC_compressed.pdf](#)

7.2 Garantia da Qualidade

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

<sem resposta>

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

<no answer>

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

<sem resposta>

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

<no answer>

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

<sem resposta>

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

<no answer>

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

https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/1310532/1/RADIST_republicado_DR_7janeiro2013.pdf

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

<sem resposta>

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

<no answer>

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

<sem resposta>

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

<no answer>

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

<sem resposta>

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

<no answer>

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

8.1 Análise SWOT global do ciclo de estudos

8.1.1. Pontos fortes

- * *Formação forte em Física e Matemática;*
- * *Tronco comum alargado conferindo versatilidade nos conhecimentos adquiridas;*
- * *Confere aos alunos capacidades para (auto) aprendizagem ao longo da vida, de adaptação a um leque variado de áreas de atuação e de trabalho individual e em equipa.*
- * *Capacidade e qualidade dos diplomados, altamente reconhecidas pelos empregadores;*
- * *Elevada empregabilidade;*
- * *Existência de centros de I&D do DM nas áreas de conhecimento do curso (com classificações de Excelente e Muito Bom);*
- * *Docentes com um número de artigos em revistas internacionais (com prémios a nível internacional) relevante e crescente;*
- * *Número considerável de publicações didáticas elaboradas pelos docentes do ciclo de estudos;*
- * *Envolvimento dos docentes num grande número de projetos de investigação com importantes parcerias nacionais/internacionais. Peso relativo elevado a nível nacional na área matemática;*
- * *Acesso a programas internacionais de mobilidade;*
- * *Participação na rede CLUSTER com reconhecimento mútuo de graus;*
- * *Contributo para o desenvolvimento nacional, regional e local, pela qualidade dos alumni colocados em empresas de referência públicas e privadas e em universidades de prestígio.*
- * *Estrutura departamental bem organizada que permite monitorizar e gerir de forma adequada o ciclo de estudos;*
- * *Procedimentos próprios para monitorização da qualidade;*
- * *Estudos de avaliação de qualidade elaborados com regularidade pelo Gabinete de Estudos e Planeamento (GEP), incluindo o seguimento dos alumni;*
- * *Reuniões frequentes com coordenadores de curso para definição de procedimentos e estratégias comuns;*
- * *Reuniões de preparação de funcionamento do semestre (coordenação do curso, professores e representantes dos alunos);*
- * *Participação ativa dos alunos na avaliação pedagógica dos docentes, das UC e dos cursos.*
- * *Sistema Qualidade de Unidades Curriculares (QUC), com auditorias promovidas pelo Conselho Pedagógico a situações de funcionamento inadequado;*
- * *Envolvimento dos delegados de curso no processo QUC e participação do responsável pela UC e restante corpo docente na definição de estratégias de melhoria;*
- * *Sistema FENIX para uma gestão de informação integrada;*
- * *Todos os docentes doutorados e a grande maioria em regime de tempo integral, cobrindo os diversos domínios de atividade/especialidade do ciclo de estudos;*

- * Muitos dos docentes são especialistas nacionais/internacionais nas áreas em que lecionam;*
- * Existência de programa de tutorado e mentorado;*
- * Existência de gabinete de apoio ao estudante/apoio psicológico;*
- * Contacto fácil e frequente com os alunos através do sistema FENIX;*
- * Existência de associações e organizações de estudantes AEIST/NMATH;*
- * Excelente base de recrutamento aferida pelas classificações mínimas/média.*

8.1.1. Strengths

- * Strong background in Physics and Mathematics;*
- * Wide spectrum character of the common part of the curricular structure conferring versatility in the knowledge acquired;*
- * Students acquire a capacity for (self) life-learning, to adapt to a wide spectrum of working areas and for Individual and team work;*
- * Skills and quality of graduates highly recognized by employers;*
- * High employability;*
- * The DM has several R&D centers in the areas of knowledge of the math program (with classifications of Excellent and Very Good);*
- * Faculty has a relevant and growing number of articles in international journals (with prizes at international level);*
- * Relevant number of didactic publications developed by professors of the cycle of studies;*
- * Faculty involved in many research projects with important national/international partnerships (high ranking at the national level);*
- * Access to international programs of mobility;*
- * Participation in the CLUSTER network with mutual recognition of degrees;*
- * Contribution to national, regional and local development, by the quality of alumni serving in companies in public and private sectors and in several prestigious universities.*
- * Well organized departmental structure allowing the correct assessment and management of the cycle of studies;*
- * Dedicated procedures for quality assessment;*
- * Quality assessment studies regularly carried out by the “Office for Studies and Planning” (GEP), including the follow up of the alumni;*
- * Frequent meetings between course coordinators to implement common procedures/strategies;*
- * Meetings to prepare the semesters (course coordinator, professors and students representatives);*
- * Active participation of the students in the evaluation of lecturers, UC and courses;*
- * Quality assessment system for the course units (QUC), with audits promoted by the Pedagogical Council to situations of inappropriate functioning;*
- * Participation of the course delegates in the QUC process and participation of the professor responsible for the course unit and all teaching staff in defining improvement strategies;*
- * FENIX system for an integrated information management;*
- * Numerous teaching staff adequate to the total number of students, all with a PhD and most of them working full time, covering the different areas of the program.*
- * Many of the faculty members are national/international specialists in the areas they teach;*

- * *Existence of the tutoring and mentorate programme;*
- * *Existence of the “Service for student support” / psychological support;*
- * *Easy and frequent contact with the students through the FENIX system;*
- * *Existence of students associations and organizations (AEIST/NMATH);*
- * *Excellent recruitment perspectives based on the grades at entrance.*

8.1.2. Pontos fracos

- * *Por vezes há dificuldade em compatibilizar os diferentes interesses/ritmos de aprendizagem em disciplinas horizontais onde se agrupam vários ciclos de estudo do IST na mesma aula.*
- * *Dificuldade em implementar mecanismos/procedimentos efetivos que garantam correção de situações anómalas, mesmo tendo sido corretamente diagnosticadas.*
- * *Peso reduzido que o esforço colocado na melhoria do desempenho pedagógico tem na progressão na carreira (em especial nas UCs específicas da LMAC com cerca de 30 alunos).*
- * *Insuficiente capacidade de organização/gestão de tempo por parte dos estudantes;*
- * *Dificuldades em garantir o cumprimento da carga de trabalho planeada no início de cada semestre, sendo nalguns ultrapassada a carga média associada ao número correspondente de ECTS.*
- * *Baixa taxa de aprovação real em algumas UC, existindo demasiado insucesso escolar e retenção;*
- * *Insuficiência de aptidões transversais;*
- * *Desequilíbrio de género;*
- * *Incapacidade de controlar os desvios de assiduidade às aulas: taxas de abandono e reprovação significativas, ainda que inferiores às médias do IST e às médias nacionais.*
- * *Salas que carecem de modernização e climatização mais eficiente;*
- * *Limitações de algumas estruturas de apoio existentes (laboratórios com espaço insuficiente);*
- * *Algumas deficiências de cobertura da rede wireless;*
- * *Sobrelotação do espaço 24 horas durante a época de estudo mais intensivo.*
- * *Idade média dos docentes elevada;*
- * *Inexistência de componente de formação pedagógica obrigatória na carreira docente universitária (atualmente só é obrigatória para docentes em período experimental).*

8.1.2. Weaknesses

- * *Sometimes it is difficult to adapt to different interests/learning paces when students form several IST degrees are put together in the same class (due to a large number of students in some horizontal courses);*
- * *Difficulty in implementing effective mechanisms/procedures that guarantee the fixing of anomalous situations, even when correctly identified.*
- * *The effort put into improving teaching performance has a reduced importance on career progression (particularly in LMAC specific courses with only 30 students);*
- * *Students with insufficient time organization/management capacity;*
- * *Difficulties in ensuring compliance with the load of work planned at the beginning of each semester, sometimes exceeding the average load associated with the corresponding number of ECTS.*
- * *Low passing rates in some courses.*
- * *Insufficient soft skills;*

** Gender imbalance;*

** Inability to control class attendance deviations: significant dropout and failing rates, although lower than IST averages and national averages.*

** Rooms that need modernization and more efficient air conditioning;*

** Reduced size of some of the infrastructures (laboratories with reduced space);*

** Some coverage problems with the wireless network;*

** Overcrowded “24 hours Space” during pre-exams periods.*

** Faculty with a high age average;*

** No compulsory pedagogical teacher training in university teaching career (currently only mandatory for lecturers in the experimental period).*

8.1.3. Oportunidades

** Aumento da procura de profissionais na área de estatística e matemática por parte de diversos sectores da indústria;*

** Existência de número elevado de recém-doutorados com grande qualidade intelectual e científica com potencial para assegurarem uma eventual renovação do corpo docente;*

** Possibilidade de envolver em tarefas de docência os investigadores afectos a projetos de investigação;*

** Protocolo recentemente assinado pela CML e pelo IST para a criação de novos espaços de estudo e de convívio dos estudantes nos espaços adjacentes ao Jardim do Arco do Cego;*

** Exploração de novas tecnologias de informação;*

** Maior facilidade de acesso a informação, o que facilita o desenvolvimento de trabalho autónomo;*

** Mobilização dos alumni ocupando posições relevantes em empresas e em associações profissionais no lançamento de atividades associadas ao IST.*

** Possibilidade de desenvolvimento profissional em áreas multi-disciplinares e transversais, tais como energia, telecomunicações, saúde, banca, ambiente e sustentabilidade;*

** Mercados globais e internacionalização com destaque para o mercado europeu e os mercados emergentes em países de língua portuguesa.*

8.1.3. Opportunities

** Increase in demand for statisticians and mathematicians;*

** Existence of a high number of recent PhDs, with high intellectual and scientific quality and potential to assure an eventual renovation of the teaching staff;*

** Chance to engage in teaching activities researchers involved in research projects;*

** Recent agreement signed by CML and IST to create new spaces for the students (study and social) in the building adjacent to the Arco do Cego gardens;*

** Exploitation of new information technologies;*

** Greater ease of access to information, which facilitates the development of autonomous work;*

** Mobilization of alumni occupying relevant positions both in companies and in professional associations, launching activities associated with the IST.*

** Global markets and internationalization with emphasis on the European market and emergent markets in Portuguese-speaking countries.*

8.1.4. Constrangimentos

** Carácter fundamentalmente regional/local da captação de alunos;*

- * Dificuldade de dar seguimento a políticas de garantia de qualidade quando os titulares dos cargos de gestão são substituídos;*
- * A atual exigência da atividade académica nem sempre permite “disponibilizar” tempo adequado para as tarefas de monitorização e implementação de estratégias corretivas.*
- * Redução do financiamento verificado nos últimos anos.*
- * Dificuldades associadas à manutenção, reparação e aquisição de equipamentos, à renovação de espaços e à aquisição de consumíveis;*
- * Dificuldade de renovação do corpo docente e dos funcionários não-docentes;*
- * Redução do número de docentes e o correspondente aumento do rácio aluno/docente;*
- * Dificuldade de adaptação de alguns alunos à realidade do ensino universitário;*
- * Dificuldade de adaptação ao espírito de Bolonha por parte de alguns alunos, que manifestam dificuldade em desenvolver estudo autónomo;*
- * Previsível redução do financiamento público para atividades de ensino devido à pandemia actual.*
- * A crise económica eminente poderá diminuir taxa de empregabilidade;*

8.1.4. Threats

- * Regional/local fundamental character of the students enrollment;*
- * Difficulty in maintaining certain quality assessment policies whenever there are changes in the administration board;*
- * The current demanding academic activities not always allow adequate time for tasks involving monitoring and implementation of corrective measures.*
- * Recent years financing reduction.*
- * Difficulties associated with maintenance, repair and acquisition of equipment, space renovation and acquisition of consumables;*
- * Difficulties renovating the teaching and non-teaching staff;*
- * Reduction in the number of lecturers and the corresponding increase in the student/lecturer ratio;*
- * Difficulty of adaptation of some students to the reality of the university system;*
- * Difficulty to adapt to the “Bologna Spirit” by some students, showing difficulty to develop autonomous work;*
- * Expected reduction of public funding for teaching activities due to the current pandemia;*
- * The eminent economic crisis may reduce employability rate.*

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2.1. Ação de melhoria

As ações de melhoria a implementar na LMAC vão ao encontro do conteúdo do relatório da Comissão de Análise ao Modelo de Ensino e Práticas Pedagógicas do IST (CAMEPP) que, como resultado de um estudo exaustivo do quadro atual do IST e de diferentes instituições internacionais de elevando prestígio, definiu um novo modelo, denominado Técnico 2021. O IST desencadeou no início de 2018 um processo de reflexão sobre o seu modelo de ensino e pedagógicas, de modo a formar profissionais capazes de antecipar, intervir e responder aos desafios futuros, nomeando para o efeito a CAMEPP.

A análise efetuada à realidade interna do Técnico, aos contextos profissionais emergentes e às tendências de educação apontaram para a necessidade de dotar a Escola de um novo modelo de ensino.

O modelo Técnico 2021 assenta nas seguintes traves mestras:

- (i) formação fundamental com rigor académico, fluência digital e de elevada qualidade;**
- (ii) modelos pedagógicos ativos e que privilegiam a avaliação contínua;**
- (iii) currículos flexíveis, com corresponsabilização dos alunos pelas opções curriculares;**
- (iv) aprendizagem em ambiente colaborativo, interdisciplinar e multicultural, com integração efetiva de contributos de empresas e centros de investigação;**
- (v) aprendizagem adaptada a contextos de imprevisibilidade, incerteza e de indefinição de objetivos;**
- (vi) estímulo da criatividade, inovação e empreendedorismo;**
- (vii) forte exposição ao pensamento societal e ao objetivo de criação de valor e**
- (viii) adequação entre o modelo de ensino e os recursos humanos, as infraestruturas e a carga horária.**

A colocação em prática destas ideias pressupõe a implementação de um conjunto definido de medidas que se agrupam em três vertentes:

- (1) Estrutura curricular, organização e filosofia;**
- (2) Práticas pedagógicas e**
- (3) Recursos humanos e materiais e modelo de gestão docente.**

8.2.1. Improvement measure

The improvement actions to be implemented in LMAC are in line with the contents of the report of the Commission for Analysis of the Teaching Model and Educational Practices of IST (CAMEPP), as a result of an exhaustive study of the current IST framework and different international elevating prestige, defined a new model, called Técnico 2021. At the beginning of 2018, Técnico started a process of reflection on his teaching model and pedagogical practices, in order to train engineers better able to anticipate, intervene and respond to future challenges, naming CAMEPP for this purpose.

The analysis of the internal reality of Técnico, the emerging professional contexts and the trends in engineering education pointed to the need to equip the School with a new teaching model.

The Técnico 2021 model is based on the following master principles:

- (i) fundamental training with academic rigor, digital fluency and high quality;**
- (ii) active pedagogical models that favor continuous evaluation;**
- (iii) flexible curricula, with students' co-responsibility for curricular options;**
- (iv) learning in a collaborative, interdisciplinary and multicultural environment, with effective integration of contributions from companies and research centers;**
- (v) learning adapted to contexts of unpredictability, uncertainty and lack of definition of objectives;**
- (vi) stimulation of creativity, innovation and entrepreneurship;**
- (vii) strong exposure to societal thinking and the goal of value creation and**
- (viii) adequacy between the teaching model and the human resources, infrastructures and workload.**

The implementation of these ideas presupposes the implementation of a defined set of measures that are grouped into three strands:

- (1) Curricular structure, organization and philosophy;**
- (2) Pedagogical practices and**
- (3) Human and material resources and teacher management mode.**

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

[Alta] 1. Alteração do funcionamento das aulas teóricas que deverão passar a fornecer um melhor enquadramento das matérias e exemplos. Sempre que possível a LMAC deverá recorrer a aulas Teórico-práticas;

[Alta] 2. Alteração do funcionamento da parte prática das aulas, onde os alunos trabalham activamente, promovendo o trabalho colaborativo.

[ALTA] 3. Aumento da flexibilidade curricular, através das seguintes UCs opcionais: 24 ECTS equivalente a 6 ECTS HASS (Humanities, Arts and Social Sciences), 12 ECTS Opções Livres e 6 ECTS de Opção na área de PE.

[MÉDIA] 4. Projetos/UC em articulação com empresas/Unidades de Investigação.

[MÉDIA] 5. Possibilidade de realização de um “Projeto Capstone/Projeto” (9+3 ECTS) orientado para o prosseguimento de estudos, com trabalho preferencialmente em equipa.

[BAIXA] 6. Reconhecimento curricular de atividades extracurriculares.

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

[HIGH] 1. Changing the functioning of theoretical classes, which should provide a better framework of the subjects and examples. Whenever possible LMAC should adopt mixed theory/practical classes.

[HIGH] 2. Changing the functioning of the practical part of classes, where students should work, promoting collaborative work.

[HIGH] 3. Increased curricular flexibility, through the following optional UCs: 24 ECTS equivalent to 6 ECTS HASS (Humanities, Arts and Social Sciences), 12 ECTS Free Options and 6 ECTS Free Optative in PE.

[MEDIUM] 4. Projects / UC in conjunction with companies / Research Units.

[MEDIUM] 5. Possibility of a “Capstone Project / Project” (9+3 ECTS) oriented towards the pursuit of studies, preferably working as a team.

[LOW] 6. Curricular recognition of extracurricular activities.

8.1.3. Indicadores de implementação

A entrada em vigor e a implementação do novo modelo deverá ser acompanhada por um processo de monitorização contínuo de médio/longo prazo (5/10 anos), de modo a avaliar o impacto e a exequibilidade das alterações introduzidas, e introduzir as correções julgadas necessárias. Por exemplo, afigura-se importante verificar desde logo o sucesso académico dos alunos nas diferentes UCs, por forma a perceber se o novo modelo permite de facto melhorar a qualidade do ensino nesse indicador. A monitorização da eficiência formativa é igualmente fundamental, já que é imperativo aumentar de forma significativa a atual taxa e reduzir a taxa de abandono externo. Será também importante aferir periodicamente o grau de satisfação dos alunos (e docentes) com o novo modelo, já que tornar a experiência de aprendizagem no Técnico única e de excelência deve constituir um dos designios principais da Escola.

8.1.3. Implementation indicator(s)

The entry into force and implementation of the new model should be accompanied by a continuous medium / long term monitoring process (5/10 years) in order to assess the impact and feasibility of the changes introduced, and to introduce the corrections deemed necessary. For example, it is important to check the academic success of the students in the different UCs and, in order to see if the new model actually improves the quality of teaching in this indicator. Monitoring of training efficiency is also crucial, as it is imperative to significantly increase the current rate and reduce the rate of external abandonment. It will also be important to periodically assess the degree of satisfaction of students (and teachers) with the new model, since making the learning experience in Técnico unique and of excellence should be one of the main purposes of the School.

9. Proposta de reestruturação curricular (facultativo)

9.1. Alterações à estrutura curricular

9.1. Síntese das alterações pretendidas e respectiva fundamentação

O Técnico estabeleceu como uma das suas prioridades a actualização e adaptação do seu modelo de ensino e práticas pedagógicas aos dias de hoje. Neste contexto desencadeou um processo de análise e reflexão sobre o seu modelo de ensino e práticas pedagógicas, visando definir as linhas orientadoras para uma reorganização da formação na Escola.

Em Janeiro de 2018 foi constituída a “Comissão de Análise do Modelo de Ensino e Práticas Pedagógicas”- CAMEPP do IST, mandatada pelos órgãos da Escola, para repensar o modelo de formação pedagógica do IST. Dessa análise resultou um conjunto de medidas relativamente à estrutura curricular, organização, filosofia, e práticas pedagógicas, que estão reflectidas no documento PERCIST- “Princípios enquadramentos para a reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclo do Instituto Superior Técnico 21/22”. O PERCIST estabeleceu as linhas gerais para a reestruturação de todos os cursos conferentes de grau de 1º e 2º ciclos do Instituto Superior Técnico (IST) que vão ser implementados em 21/22. As principais medidas que vão ser implementadas e que foram incorporadas na reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclos do IST são aqui apresentadas de forma genérica:

- *Reconhecimento da importância da formação de base sólida;*
- *Alteração para UCs de 9, 6 e 3 unidades do Sistema europeu de transferência e acumulação de créditos (ECTS);*
- *Aumento generalizado da flexibilidade curricular a nível de 1º ciclo com a oferta de Opções Livres (mínimo 12 ECTS), e no 2º ciclo com a oferta de opções livres (18-30 ECTS);*
- *Criação de minors coerentes de 18 ECTS, ao nível do 2º ciclo, numa área de formação complementar e multidisciplinar, que pode ser intra- ou interdepartamental;*
- *Criação/reforço de projetos integradores e interdisciplinares que envolverão trabalho preferencialmente em equipa, podendo ter por base problemas e desafios reais:*

i) num projeto tipo Capstone

ii) numa Unidade de Investigação, ou

iii) em ambiente empresarial (UC “Projeto Integrador de 1º ciclo (PIC1));

- *Reconhecimento curricular de atividades extracurriculares no 2º ciclo;*
- *Introdução da formação em Humanidades, Artes e Ciências Sociais (HASS);*
- *Reforço das competências transversais integradas nas unidades curriculares;*
- *Reforço das valências em computação e programação;*
- *Aumento da formação em empreendedorismo e inovação;*
- *Mudança de paradigma de ensino com introdução/reforço de unidades curriculares baseadas em Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on.*

Informação mais detalhada sobre algum destes aspectos poderá ser disponibilizada e consultada em: Relatório CAMEPP e documento PERCIST.

9.1. Synthesis of the proposed changes and justification.

Técnico established, as one of its priorities, the reshaping of its teaching model and pedagogical practices to today's world. In this context, it started a process of analysis and reflection on its teaching model and pedagogical practices, aiming to define the guidelines for a reorganization of the courses curricula and pedagogical model in the School. In January 2018, the “Comissão de Análise do Modelo de Ensino e Práticas Pedagógicas - CAMEPP” was set up, mandated by the School bodies, to rethink the IST's pedagogical training model. This analysis resulted in a set of measures regarding the curricular structure, organization, philosophy, and pedagogical practices, which are reflected in the document PERCIST “Princípios enquadramentos para a reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclo do Instituto Superior Técnico 21/22”. PERCIST has established the general guidelines for restructuring all courses of Instituto Superior Técnico (IST), conferring degrees from 1st and 2nd cycles, and that will be implemented in 21/22. The main measures that are going to be implemented, and that were incorporated in IST's 1st and 2nd cycle courses, are presented here in a generic way:

- * *Recognition of the importance of solid training in Basic Sciences;*
- *Change to UCs of 9, 6 and 3 units of the European credit transfer and accumulation system (ECTS);*
- *Increased of curricular flexibility at the 1st cycle level with the creation of pre-major curricular units (minimum 12ECTS), and in the 2nd cycle with curricular units as free options (18-30ECTS);*
- *Creation of coherent minors of 18 ECTS, at the level of the 2nd cycle, in an area of complementary and multidisciplinary training, which can be intra- or interdepartmental;*
- *Creation / reinforcement of integrative and interdisciplinary projects that will involve preferably team work and may be based on real problems and challenges:*

- i) in a Capstone project*
- ii) in a Research Unit, or*
- iii) in a business environment (UC “Projeto Integrador de 1st cycle (PIC1));*

- *Curricular recognition of extracurricular activities in the 2nd cycle of studies;*
- *Introduction of training in Humanities, Arts and Social Sciences (HASS);*
- *Reinforcement of transversal competences integrated in the curricular units;*
- *Reinforcement of computing and programming skills;*
- *Increased training in entrepreneurship and innovation;*
- *Changing the teaching paradigm with the introduction / reinforcement of curricular units based on Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on;*

More detailed information on any of these aspects can be made available and consulted: CAMEPP report and PERCIST document.

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

9.2. Tronco Comum

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

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

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

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Optativos / Optional ECTS*	Observações / Observations
Matemáticas Gerais / General Mathematics	MatGer	27	0	
Físicas e Tecnologias Básicas/ Basic Physics and Technologies	FBas	18	0	
Análise Real e Análise Funcional/ Real Analysis and Functional Analysis	ARAF	9	0	
Geometria / Geometry	Geom	6	0	
Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos / Differential Equations and Dynamical Systems	EDSD	6	0	
Álgebra e Topologia / Algebra and Topology	AlgTop	21	0	
Lógica e Computação / Logic and Computing	LogComp	21	0	
Análise Numérica e Análise Aplicada / Numerical Analysis and Applied Analysis	ANAA	21	0	
Probabilidade e Estatística / Probability and Statistics	PE	15	6	Poderão ser realizados 6 a 9 ECTS optativos
Todas as Áreas Científicas do Departamento de Matemática/All Scientific Areas of the DM	ACDM	9	0	
Engenharia e Gestão de Organizações / Engineering and Management of Organizations	EGO	3	0	
Humanidades Artes e Ciências Sociais / Humanities, Arts and Social Sciences	HACS	6	0	

Opções - Todas as Áreas Científicas do IST - ULisboa / All Scientific Areas of IST - ULisboa	OP IST / OP ULisboa	0	9	Poderão ser realizados 9 a 18 ECTS optativos. Soma de ECTS de Op PE e OP IST/UL deve ser no min 18
(13 Items)		162	15	

9.3. Plano de estudos

9.3. Plano de estudos - Tronco Comum - 1º Ano / 1º Semestre

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

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

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:
1º Ano / 1º Semestre

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:
1st Year / 1st Semester

9.3.3 Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Álgebra Linear/ Linear Algebra	MatGer	Semestral/Semiannual	168	TP-56	6	Obrigatória
Cálculo Diferencial e Integral I / Differential and Integral Calculus I	MatGer	Semestral/Semiannual	168	TP-56	6	Obrigatória
Elementos de Programação / Elements of Programming	Log Comp	Semestral/Semiannual	168	T-28; P-28	6	Obrigatória
Matemática Experimental / Experimental Mathematics	ANAA	Semestral/Semiannual	168	T-21; L-35	6	Obrigatória
Introdução à Teoria de Números / Introduction to Number Theory	AlgTop	Semestral/Semiannual	84	TP-28	3	Obrigatória
Combinatória e Grafos / Combinatorics and Graphs	AlgTop	Semestral/Semiannual	84	TP-28	3	Obrigatória
(6 Items)						

9.3. Plano de estudos - Tronco Comum - 1º Ano / 2º Semestre

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

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

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:
1º Ano / 2º Semestre

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:
1st Year / 2nd Semester

9.3.3 Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Cálculo Diferencial e Integral II / Differential and Integral Calculus II	MatGer	Semestral/Semiannual	168	TP-56	6	Obrigatória
Álgebra / Algebra	AlgTop	Semestral/Semiannual	168	TP-56	6	Obrigatória
Introdução à Otimização / Introduction to Optimization	EDSD	Semestral/Semiannual	168	TP-56	6	Obrigatória
Mecânica e Ondas / Mechanics and Waves	FBas	Semestral/Semiannual	168	T-28; P-21	6	Obrigatória
Opção HASS I / Option HASS I	HACS	Semestral/Semiannual	84	TP-28	3	Opção HASS: Possíveis UC fixadas anualmente pelos órgãos competentes do IST, soma de ECTS = 6 ECTS
Opção HASS II / Option HASS II	HACS	Semestral/Semiannual	84	TP-28	3	Opção HASS: Possíveis UC fixadas anualmente pelos órgãos competentes do IST, soma de ECTS = 6 ECTS

(6 Items)

9.3. Plano de estudos - Tronco Comum - 2º Ano/ 1º Semestre**9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):
Tronco Comum****9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):
Common Branch****9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:
2º Ano/ 1º Semestre****9.3.2. Curricular year/semester/trimester:
2nd Year/ 1st Semester****9.3.3 Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Cálculo Diferencial e Integral III / Differential and Integral Calculus III	MatGer	Semestral/Semiannual	168	TP-56	6	Obrigatória
Probabilidade e Estatística / Probability and Statistics	PE	Semestral/Semiannual	168	TP-56	6	Obrigatória
Termodinâmica e Física Estatística / Thermodynamics and Statistical Physics	FBas	Semestral/Semiannual	168	T-28; P-21	6	Obrigatória
Introdução à Geometria / Introduction to Geometry	Geom	Semestral/Semiannual	168	TP-56	6	Obrigatória
Introdução à Análise Complexa / Introduction to Complex Analysis	MatGer	Semestral/Semiannual	84	TP-28	3	Obrigatória
Gestão / Management	EGO	Semestral/Semiannual	84	T-14; P-10.5	3	Opção de Gestão: Escolher 3 ECTS
Introdução à Economia / Introductory Economics	EGO	Semestral/Semiannual	84	T-14; P-10.5	3	Opção de Gestão: Escolher 3 ECTS

(7 Items)

9.3. Plano de estudos - Tronco Comum - 2º Ano / 2º Semestre

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

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

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:
2º Ano / 2º Semestre

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:
2nd Year / 2nd Semester

9.3.3 Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Lógica Matemática / Mathematical Logic	LogComp	Semestral/Semiannual	168	TP-56	6	Obrigatória
Matemática Computacional / Computational Mathematics	ANAA	Semestral/Semiannual	168	TP-56	6	Obrigatória
Electromagnetismo e Óptica / Electromagnetism and Optics	FBas	Semestral/Semiannual	168	T-28; P-21	6	Obrigatória
Complementos de Estatística / Complements of Statistics	PE	Semestral/Semiannual	168	TP-28; L-28	6	Obrigatória
Complementos de Probabilidade / Complements of Probability	PE	Semestral/Semiannual	84	TP-28	3	Obrigatória
Álgebra Linear Numérica / Numerical Linear Algebra	ANAA	Semestral/Semiannual	84	TP-28	3	Obrigatória

(6 Items)

9.3. Plano de estudos - Tronco Comum - 3º Ano / 1º Semestre

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

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

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:
3º Ano / 1º Semestre

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:
3rd Year / 1st Semester

9.3.3 Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Topologia / Topology	AlgTop	Semestral/Semiannual	252	TP-70	9	Obrigatória
Introdução à Computabilidade e Complexidade / Introduction to Computability and Complexity	LogComp	Semestral/Semiannual	252	TP-70	9	Obrigatória

Análise Numérica / Numerical Analysis	ANAA	Semestral/Semiannual	168	TP-49	6	Obrigatória
Análise de Modelos Lineares / Linear Model Analysis	PE	Semestral/Semiannual	168	TP-49	6	Opção de PE: Escolher uma UC de Opção de PE de 6 ou 9 ECTS, no 1º ou no 2º Semestre
Teoria da Probabilidade / Probability Theory	PE	Semestral/Semiannual	252	TP-70	9	Opção de PE: Escolher uma UC de Opção de PE de 6 ou 9 ECTS, no 1º ou no 2º Semestre
Opção Livre 1 / Free Option 1	OP IST / OP ULisboa	Semestral/Semiannual	0	0	0	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Opção Livre 2 / Free Option 2	OP IST / OP ULisboa	Semestral/Semiannual	0	0	0	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Opção Livre 3 / Free Option 3	OP IST / OP ULisboa	Semestral/Semiannual	0	0	0	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Opção Livre 4 / Free Option 4	OP IST / OP ULisboa	Semestral/Semiannual	0	0	0	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Seminário e Monografia / Seminar and CT Monography	ACDM	Semestral/Semiannual	84	OT-7	3	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Projecto Integrador de 1º Ciclo em Matemática Aplicada e Computação / 1st Cycle Integrated Project in Mathematics (11 Items)	ACDM	Semestral/Semiannual	252	OT-21	9	Obrigatória, pode ser realizada no 1º ou no 2º Semestre

9.3. Plano de estudos - Tronco Comum - 3º Ano / 2º Semestre

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

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

**9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:
3º Ano / 2º Semestre**

**9.3.2. Curricular year/semester/trimester:
3rd Year / 2nd Semester**

9.3.3 Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Medida e Integração / Measure and Integration	ARAF	Semestral/Semiannual	252	TP-70	9	Obrigatória
Introdução aos Processos Estocásticos / Introduction to Stochastic Processes	PE	Semestral/Semiannual	168	TP-49	6	Opção de PE: Escolher uma UC de Opção de PE de 6 ou 9 ECTS, no 1º ou no 2º Semestre

Bioestatística / Biostatistics	PE	Semestral/Semiannual	168	TP-35; L-14	6	Opção de PE: Escolher uma UC de Opção de PE de 6 ou 9 ECTS, no 1º ou no 2º Semestre
Algoritmos e Modelação Computacional / Algorithms and Computational Modeling	LogComp	Semestral/Semiannual	168	T-28; P-28	6	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Seminário e Monografia / Seminar and CT Monography	ACDM	Semestral/Semiannual	84	OT-7	3	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Opção Livre 1 / Free Option 1	OP IST / OP ULisboa	Semestral/Semiannual	0	0	0	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Opção Livre 2 / Free Option 2	OP IST / OP ULisboa	Semestral/Semiannual	0	0	0	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Opção Livre 3 / Free Option 3	OP IST / OP ULisboa	Semestral/Semiannual	0	0	0	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Opção Livre 4 / Free Option 4	OP IST / OP ULisboa	Semestral/Semiannual	0	0	0	Op. Livre: Escolher 1 a 4 UC no 1º ou 2º Sem; ECTS de Op. Livre + ECTS Op. de PE deve ser no min 18
Projecto Integrador de 1º Ciclo em Matemática Aplicada e Computação / 1st Cycle Integrated Project in Mathematics (10 Items)	ACDM	Semestral/Semiannual	252	OT-21	9	Obrigatória, pode ser realizada no 1º ou no 2º Semestre

9.4. Fichas de Unidade Curricular

Anexo II - Probabilidade e Estatística

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Probabilidade e Estatística

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Probability and Statistics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

PE

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168

9.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

NA

9.4.1.7. Observations:

NA

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

ist12634, António Manuel Pacheco Pires, 0h

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

ist132007, Ana Maria Santos Ferreira Gorjão Henriques, 56h

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

Iniciação ao estudo da análise de dados estatísticos, teoria da probabilidade e inferência estatística, tendo em vista a compreensão e aplicação dos seus principais conceitos e métodos.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Master concepts of statistical data analysis, probability theory and statistical inference to understanding and applying such concepts to solve real-life problems in engineering and science.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Representação gráfica de dados estáticos e dinâmicos com recurso ao software R.*
- *Noção de probabilidade. Probabilidade condicionada e lei da probabilidade total. Teorema de Bayes. Independência.*
- *Tipos de variáveis aleatórias (discretas e contínuas). Função de distribuição. Função massa de probabilidade e função densidade de probabilidade. Valor esperado, variância e quantis.*
- *Pares aleatórios e combinação linear de variáveis aleatórias. Teorema do Limite Central.*
- *Introdução à inferência estatística. Estimação pontual e estimação intervalar.*
- *Construção de testes de hipóteses no contexto clássico de amostras de observações provenientes de populações com distribuição Normal. Testes de ajustamento.*
- *Estudo da dependência linear entre duas variáveis aleatórias: regressão linear simples.*

9.4.5. Syllabus:

- *Graphical representation of static and dynamic statistical data with R.*
- *Basic concepts of probability theory. Conditional probability and total probability law. Bayes' theorem. Independence.*
- *Random variables (discrete and continuous). Distribution function. Probability mass function and probability density function. Expected value, variance and quantiles.*
- *Random pairs and linear transformation of random variables. Central limit theorem.*
- *Statistical inference. Point estimation and interval estimation.*
- *Hypothesis testing under normal populations.*
- *Goodness of fit testing.*
- *Linear regression.*

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

Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de probabilidade e estatística. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas inter-relações, à colocação de problemas bastante variados cuja resolução requer o envolvimento e combinação de uma forma criativa de ferramentas técnicas e analíticas.

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

The course content corresponds to concepts and techniques of probability and statistics. Besides the acquisition of this knowledge, this subject matter lends itself in a natural way, via the combination of the different topics involved and their relationships, to posing a wide range of problems whose resolution requires the usage and combination in a creative way of technical and analytic tools.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua (70%) + projetos computacionais (30%). Prova oral para alunos cuja classificação final seja superior ou igual a 18 valores.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exams/tests, possibly with minimal grade, complemented with continuous evaluation (70%) + computational projects (30%). Oral examination for grades greater or equal to 18.

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

A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa da parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em contextos diferenciados.

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

The setting and resolution of problems, the developing of autonomous work, and an active learning procedure on the part of the student, are not possible without the acquisition of a solid and dynamic control of the concepts and techniques which are part of the syllabus, having the capacity to relate them, and subsequently apply them in differentiated contexts.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * *Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists, Ross, Sheldon M, 2014, 5th ed, Academic Press;*
- * *Probability and Statistics for Data Science: Math + R +, Matloff, N. , 2019, 1st ed., Data Chapman and Hall/CRC;*
- * *Introductory Statistics with R, Dalgaard, P, 2002, Springer;*
- * *A Modern Introduction to Probability and Statistics: Understanding Why and How, Dekking, F.M., Kraaikamp, C., Lopuhaä, H.P., Meester, L.E., 2005, Springer.*

Anexo II - Análise Numérica**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Análise Numérica

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Numerical Analysis

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ANAA

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168

9.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

NA

9.4.1.7. Observations:

NA

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

ist12831, Carlos Alves, 49h

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

NA

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

Complementar o conhecimento de análise numérica, nas componentes de ajustamento de dados ou funções, por interpolação e minimização, aproximação de funcionais (diferenciação e integração), e nas componentes da resolução de equações diferenciais ordinárias. Aplicar a teoria a diversos problemas científicos e de engenharia. Desenvolver projectos computacionais sobre o tema, com aplicações.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

To complement the knowledge in numerical analysis, concerning the approximation of functions and data fitting, by interpolation and minimization, functional approximation (differentiation and integration), and on the resolution of ordinary differential equation. Apply the theory to several scientific and engineering problems. Develop computational projects on the subject, with applications.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Interpolação de Hermite. Interpolação por splines. Interpolação complexa e trigonométrica - Transformada de Fourier Discreta (DFT e FFT). Regularização de dados por filtros, derivação generalizada e Delta de Dirac, convolução. Aproximação de funcionais - diferenciação e integração. Ortogonalidade em espaços funcionais. Polinómios ortogonais e fórmulas de integração de Gauss. Melhor aproximação uniforme - minimax. Teorema de Chebyshev e Algoritmo de Remez. Problemas iniciais em equações diferenciais - Métodos Runge-Kutta em Tabelas de Butcher. Métodos multipasso - Adams. A-estabilidade, zero-estabilidade, consistência e convergência global. Problemas de fronteira: método do tiro; introdução a métodos de diferenças finitas e elementos finitos.

9.4.5. Syllabus:

Hermite and spline interpolation. Complex and trigonometric interpolation - Discrete Fourier Transform (DFT and FFT). Regularization with filters, generalized derivation and Dirac Delta, convolution. Functional approximation - differentiation and integration. Orthogonality in functional spaces. Orthogonal polynomials and Gaussian integration formulas. Best uniform approximation - minimax. Chebyshev's theorem and Remez's algorithm. Initial value problems in ODEs - Runge-Kutta Methods with Butcher Tables. Multistep Methods - Adams. A-stability, zero-stability, consistency and global convergence. Boundary Problems: Shooting Method; introduction to finite difference and finite element methods.

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

In view of the learning objectives of the UC, described in 4, any specialist in the subject will be able to verify that all points of the syllabus, described in 5, aim to provide students with the knowledge and skills necessary for the fulfillment and acquisition of those objectives.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua (70%) e trabalhos computacionais (30%). Eventual necessidade de discussão oral dos trabalhos, requerida para notas finais iguais ou superiores a 18.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, subject to a minimum grade, complemented with continuous evaluation components (70%) and computational projects (30%). An oral discussion of the computational projects may be required and is mandatory for students with grades greater than or equal to 18.

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

A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como

auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

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

The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of problems classes and experimental work. This approach will not only fulfill the objectives, but will also help to level the knowledge of students with different backgrounds.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Bibliografia Principal:

** Numerical Analysis, R. Kress, 1998, Springer-Verlag;*

** Numerical Mathematics, A. Quarteroni, R. Sacco & F. Saleri, 2000, TAMS 37, Springer Verlag;*

** Analyse Numérique des Équations Differentielles, M. Crouzeix & A.L. Mignot, 1989, 2e ed., Masson.*

Bibliografia Secundária:

** Numerical Analysis: a second course, J. M. Ortega (1990), SIAM;*

** Discrete Fourier Analysis and Wavelets. , S. A. Broughton, K. Bryan, 2018, 2nd ed., Wiley;*

** Análise Numérica (Teoria), C. J. S. Alves (2012), <http://www.math.ist.utl.pt/~calves/lmac/AN-Texto-2012.pdf>.*

Anexo II - Álgebra

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Álgebra

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Algebra

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

AlgTop

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12482, Pedro Manuel Agostinho Resende, 56h

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

<sem resposta>

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

Introdução à álgebra geral, com ênfase em exemplos. O aluno deve ser capaz de identificar grupos e anéis, homomorfismos e isomorfismos, e construir grupos e anéis quociente. O aluno deve também entender como as

propriedades dos números racionais e reais se seguem de propriedades mais simples dos inteiros.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

This course is an introduction to general algebra, emphasizing examples. After taking it, the student should be capable of identifying groups and rings, homomorphisms and isomorphisms, and of constructing quotient groups and quotient rings. The student is expected to understand how the properties of rational and real numbers follow logically from simpler properties of the integers.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Noções elementares sobre grupos, anéis e corpos: subgrupos, subgrupos normais, subanéis e ideais, homomorfismos, isomorfismos. Grupos e anéis quociente, isomorfismos canónicos. Grupos cíclicos, grupos diedrais, permutações, geradores e relações. Acções de grupos e teorema de Cayley. Anéis de polinómios, fracções, domínios de factorização única, domínios de ideais principais e domínios euclidianos. Os números racionais, reais e complexos.

9.4.5. Syllabus:

Elementary notions about groups and rings: subgroups, normal subgroups, subrings and ideals, homomorphisms, and isomorphisms. Quotient groups and quotient rings, canonical isomorphisms. Cyclic groups, dihedral groups, permutations, generators and relations. Group actions and Cayley's theorem. Rings of polynomials, fractions, unique factorisation domains, principal ideal domains, Euclidean domains. Rational, real and complex numbers.

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao cumprimento dos referidos objetivos. É ainda de referir que tanto os objectivos como os conteúdos programáticos estão de acordo com as boas práticas de instituições de referência internacionais.

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

Taking into account the objectives described in 4, any expert in this subject will be able to verify that the syllabus, as described in 5, will provide the students with the knowledge and ability that are required in order to attain the objectives. In addition, it should be remarked that both the objectives and the syllabus are in accordance with the usual standard for similar courses in top level international universities.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora avaliação contínua, incluindo testes realizados nas aulas, e exame final.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates continuous assessment, for instance by written tests during classes, and a final exam.

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

A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos práticos. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

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

The teaching methodology is based on the transfer of theoretical and practical concepts via intensive usage of lectures and practical assessment. This method ensures that the objectives are met and that the knowledge of students coming from different backgrounds is leveled off.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Principal:

• Introdução à Álgebra: R.L. Fernandes, M. Ricou 2004, IST Press

Secundária:

• Abstract Algebra: D.S. Dummit, R.M. Foote, 1999, Prentice-Hall

• Algebra: T.W. Hungerford, 1980, GTM, Vol. 73, Springer

• Basic algebra — Groups, Rings and Fields: P.M. Cohn, 2003, Springer

• Introductory Lectures on Rings and Modules: J.A. Beachy, 1999, London Mathematical Society

Student Texts 47, Cambridge University Press**Anexo II - Introdução à Teoria dos Números**

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Introdução à Teoria dos Números

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Introduction to Number Theory

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
AlgTop

9.4.1.3. Duração:
Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:
84.0

9.4.1.5. Horas de contacto:
28.0

9.4.1.6. ECTS:
3.0

9.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:
<no answer>

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):
ist13317, Pedro Alves Martins Rodrigues, 28h

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:
<sem resposta>

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
O aluno deve desenvolver capacidade de raciocínio matemático e ficar familiarizado com conceitos elementares da teoria dos números, incluindo a teoria axiomática dos números inteiros e a aritmética modular, e ser capaz de adaptar técnicas de resolução de equações algébricas a problemas envolvendo classes de restos e outras entidades.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:
The student who takes this course should develop proficiency in mathematical reasoning and become acquainted with elementary concepts of number theory, including its axiomatic theory and modular arithmetic, and be able to adapt techniques of algebraic equations to the solution of problems involving residue classes and other entities.

9.4.5. Conteúdos programáticos:
Números naturais e o princípio de indução finita. Números inteiros e o lema da divisão. Divisibilidade e máximo divisor comum. Algoritmo de Euclides. Números primos e o teorema fundamental da aritmética. Exemplos de tópicos e problemas da teoria dos números. Congruências. A equação linear numa variável. Teorema chinês dos restos. Potências em aritmética modular e o teorema de Fermat–Euler. Função ϕ de Euler. Raízes em aritmética modular e aplicações. Equações polinomiais com módulo primo. Raízes primitivas e aplicações: o Critério de Euler. A lei da reciprocidade quadrática. Equações com módulo p^k e o lema de Hensel. Funções aritméticas.

9.4.5. Syllabus:

Natural numbers and the principle of finite induction. Integers and the division lemma. Divisibility and greatest common divisors. Euclid's algorithm. Prime numbers and the fundamental theorem of arithmetic. Examples of topics and problems from number theory. Congruences. The linear equation in one variable. The chinese remainder theorem. Powers in modular arithmetic and the Fermat–Euler theorem. The Euler ϕ function. Roots in modular arithmetic and applications. Polynomial equations with prime modulus. Primitive roots and applications: Euler's criterion. The law of quadratic reciprocity. Equations with modulus p^k and Hensel lemma. Arithmetic functions.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Os conteúdos programáticos abrangem os tópicos fundamentais dos temas descritos nos objectivos de aprendizagem, e foram seleccionados de modo a permitir o desenvolvimento, a partir das noções básicas adquiridas anteriormente, de um conhecimento mais aprofundado e rigoroso desses temas. Esses conteúdos garantem, além disso, a possibilidade de exploração de alguns tópicos mais avançados, servindo assim também o objectivo de reforçar capacidades de raciocínio lógico-dedutivo e de pesquisa.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.
The course contents cover fundamental topics of the themes described in the course learning objectives and were selected to allow a further deeper and rigorous knowledge of these themes. These contents also allow the possibility to explore more advanced topics and so they satisfy the objective of reinforcing logical-deductive thinking and research.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora avaliação contínua, incluindo testes realizados nas aulas, e exame final.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):
The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates continuous assessment, for instance by written tests during classes, and a final exam.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
As metodologias de ensino foram seleccionadas de modo a explorar, no processo de aprendizagem, a relação dialéctica entre teoria e aplicações, enfatizando a formulação e resolução de problemas, e a garantir quer a aquisição de conhecimentos fundamentais quer a abordagem e pesquisa de problemas e temas mais complexos.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
Teaching methods were selected in order to explore the dual relation between theory and applications, focused on problem solving and to guarantee both the acquisition of fundamental knowledge and the research on more complex topics.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
 * *A Friendly Introduction to Number Theory, J.H. Silverman,, 2006, China Machine Press;*
 * *An Introduction to the Theory of Numbers, I. Niven, H.S. Zuckerman and H.L. Montgomery, 1991, John Wiley and Sons;*
 * *An Introduction to the Theory of Numbers, G.H. Hardy and E.M. Wright, 2008, 6th ed., Oxford University Press;*
 * *Methods in Number Theory, M.B. Nathanson, 2000, Springer.*

Anexo II - Gestão

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Gestão

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Management

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
EGO

9.4.1.3. Duração:
Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:**84****9.4.1.5. Horas de contacto:****24.5****9.4.1.6. ECTS:****3.0****9.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****9.4.1.7. Observations:****<no answer>****9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):****ist 12631, João Agostinho de Oliveira Soares, 14h****9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:****ist 12228, Carlos M. F. Monteiro, 10,5h****9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

O objetivo da unidade curricular é introduzir os alunos a um conjunto de conceitos e ferramentas que lhes irá permitir compreender a natureza sistémica e integrada do funcionamento das organizações, e avaliar a multidisciplinaridade e recursos necessários ao seu funcionamento. Pretende-se que os alunos fiquem habilitados com as competências necessárias para poderem contribuir ativa e positivamente para o crescimento sustentável das organizações, com particular foco nos seguintes aspetos: Cultura, ética e estrutura organizacional; Contabilidade e Análise Financeira; Análise de Investimentos; Planeamento e Gestão Estratégica; Fundamentos de Marketing. A aplicação dos conhecimentos adquiridos é válida tanto para empresas em atividade, como para projetos de empreendedorismo – por exemplo, startups resultantes da Inovação & Desenvolvimento Tecnológico. A UC de Gestão integra a simulação de gestão IST Management Challenge (ISTMC).

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The main objective of the Management course unit is to introduce students to a set of concepts and tools that will enable them to understand the nature of the systemic and integrated functioning of organizations, and evaluate the multidisciplinary methods and resources necessary for their operation. It is intended that students become empowered with the skills that enable them to contribute active and positively to the sustainable growth of organizations, with a particular focus on the following aspects: Culture, ethics, and organizational structure; Accounting and Financial Analysis; Investment Appraisal; Planning and Strategic Management; Marketing Fundamentals. The application of the knowledge acquired is valid for both firms in activity, and entrepreneurial projects, like start-ups resulting from Innovation & Technology Development. The course integrates the simulation management game IST Management Challenge (ISTMC).

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução. Cultura, ética e estrutura das organizações.***
- 2. A Informação Financeira.***
- 3. Análise de Projetos de Investimento.***
- 4. Gestão Estratégica.***
- 5. Marketing.***

9.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to Management. Culture, ethics, and organizational structure.***
- 2. Financial Analysis.***
- 3. Investment Project Appraisal.***
- 4. Strategic management.***
- 5. Marketing.***

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

Os conteúdos programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências fundamentais de Gestão e, através da sua aplicação a situações práticas, permitem que se atinjam os objetivos de aprendizagem definidos.

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

The syllabus aims to provide students with the fundamental knowledge and skills of Management and, through its application to practical situations, allows the achievement of the defined learning objectives.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A nota final da UC de Gestão resulta da soma de duas componentes:

a) Avaliação Individual

1. Teste cotado para 10 valores, com nota mínima de 4.5 valores, contando a melhor nota das duas épocas (50% da nota final).

2. Elaboração e entrega em aula de 4 exercícios. Cada exercício é cotado para 2 valores, num total de 8 valores (40% da nota final). Os exercícios serão realizados em papel ou no telemóvel, com o apoio de software adequado.

b) Avaliação em grupo

Jogo de Gestão-IST Management Challenge (ISTMC) - 2 valores pelo desempenho e a participação válida da respetiva equipa (3-5 estudantes) no ISTMC (10% da nota final).

Época Especial e Estudantes Trabalhadores ou desportistas de Alta Competição: os alunos fazem apenas a componente de avaliação individual, sendo o teste final/exame cotado para 20 valores (100% da nota final).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The Final Grade for the Management course is the sum of two components:

a) Individual assessment:

1. Multiple choice final test (score max.: 10 points, 50% of the final grade; minimum required: 4.5 points). Students can do the test in two different dates; the best score of both tests prevails.

2. Four Exercises/quizzes to be done in class (max score of each exercise: 2 points; max score in this part: 8 points, 40% of the final grade)

b) Group work :

Management game – IST Management Challenge (ISTMC)

2 points according to the the performance and valid participation of the group in the ISTMC (teams with 3-5 students) - 10% of the final grade.

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

As metodologias de ensino foram concebidas de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A participação no Jogo de Gestão-IST Management Challenge (ISTMC) permite o desenvolvimento de competências transversais em Competências Interpessoais.

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

Teaching methodologies were designed so that students can develop comprehensive knowledge, ensuring compliance with the objectives of the course. Participation in the Management Game-IST Management Challenge (ISTMC) allows the development of transversal skills in Interpersonal Skills.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

** Daft, Richard L. and Benson, A. (2016), Management, 1st edition, Cengage Learning EMEA.*

** Kotler, P. and Keller, K. (2016), Marketing Management, 15th Global Edition, Pearson-Prentice Hall.*

** Manual do Global Management Challenge.*

** Soares, João O. (2015), “Apontamentos de Contabilidade”, Folhas da unidade curricular de Gestão, DEG-IST, Universidade de Lisboa.*

** Soares, João O. (2015), “Análise de Projetos de Investimento: conceitos fundamentais” – Folhas da unidade curricular de Gestão, DEG-IST, U. Lisboa.*

Anexo II - Algoritmos e Modelação Computacional

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Algoritmos e Modelação Computacional

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Algorithms and Computational Modelling

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

LogCom

9.4.1.3. Duração:*Semestral***9.4.1.4. Horas de trabalho:***168.0***9.4.1.5. Horas de contacto:***56.0***9.4.1.6. ECTS:***6.0***9.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***9.4.1.7. Observations:***<no answer>***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***ist13783, Paulo Alexandre Carreira Mateus, 28h***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***ist12220, Francisco Miguel Alves Campos de Sousa Dionísio, 28h***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Programar em linguagem de programação imperativa de grande difusão, recorrendo a algoritmos e estruturas de dados comuns. Desenvolver aplicações de grande escala.***9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:***Program with widespread imperative programming language, using common algorithms and data structures. Develop large numerical applications.***9.4.5. Conteúdos programáticos:***Programação imperativa em C++ ou JAVA. Objeto, classe, polimorfismo e herança. Correção de programas imperativos. Invariante e variante de um ciclo. Estudo da eficiência de algoritmos. Notação assintótica. Análise no pior caso e no caso médio. Algoritmos de ordenação: inserção direta, seleção direta, bubblesort, quicksort, fusão binária e heapsort. Tipos de dados abstratos: árvores e grafos. Implementações estáticas e dinâmicas. Problema da pesquisa. Tabelas de dispersão. Árvores binárias de pesquisa. Árvores de pesquisa equilibradas e B-Trees. Pesquisa de padrões: algoritmo baseado em autómatos e Knuth-Morris-Pratt. Alinhamento de Sequências. Aplicações à Bioinformática. Algoritmos sobre grafos: Pesquisa em profundidade e largura, subárvore maximal. Aplicações à Aprendizagem Automática: Redes de Bayes e neuronais. Fluxo máximo e encaminhamento de pacotes. Problemas difíceis. Classes de complexidade P e NP. Projeto adequado ao curso.***9.4.5. Syllabus:***Imperative programming with C ++ or JAVA. Notion of object, class, polymorphism and inheritance. Correction of imperative programs. Notion of invariant and variant of a cycle. Introduction to algorithmic complexity. Asymptotic notation. Worst case and average case analysis. Sorting algorithms: insertion sort, selection sort, bubblesort, quicksort, binary merge, and heapsort. Abstract data types: trees and graphs. Static and dynamic implementations. Searching problem. Hashing tables. Binary search trees. Balanced search trees and B-Trees. Pattern recognition: automata-based algorithm and Knuth-Morris-Pratt. Sequence alignment. Applications to Bioinformatics. Graph algorithms: depth-first and breadth-first search, maximal spanning tree. Applications to Machine Learning: Bayesian and Neural Networks. Maximum flow and applications to packet forwarding. Hard problems. P and NP.***9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular***Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.**

The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs and exercises. In this way, we hope to increase the knowledge of the students in the target subjects.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. Os exercícios são resolvidos em laboratório computacional, onde os alunos experimentam os conceitos apreendidos. O modelo de avaliação incorpora exame 50% e projeto 50% (avaliado oralmente).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The exercises are solved in a computational laboratory, where the students experiment the concepts. The assessment model incorporates exam (50%) and a computational project (50%) (with oral evaluation).

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

A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

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

The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs and exercises. In this way, we hope to increase the knowledge of the students in the target subjects.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * *Introduction to Algorithms (3rd edition), MIT Press, T. Cormen et al, 2009, MIT Press;*
- * *Algoritmos e Modelação Computacional. DMIST, P. Mateus, 2018, DMIST;*
- * *Concrete Mathematics: A Foundation for Computer Science, R. Graham, D. Knuth, O. Patshnick, 1994, 2nd Ed., Addison-Wesley;*
- * *The C++ Programming Language, B. Stourstrup, 2013, 4th Ed, Addison-Wesley;*
- * *The Art of Computer Programming (Boxed Set), D. Knuth, 2011, Addison-Wesley,*

Anexo II - Introdução à Análise Complexa

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Introdução à Análise Complexa

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Complex Analysis

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MatGer

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

84.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

28.0

9.4.1.6. ECTS:

3.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12881, Luís Manuel Gonçalves Barreira, 0.0h

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

ist13224, Jorge Filipe Drumond Pinto da Silva, 28h

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

Domínio dos aspetos básicos de funções de uma variável complexa: holomorfia, analiticidade, teorema e fórmula de Cauchy e consequências.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Mastering the basic aspects of functions of one complex variable: holomorphy, analyticity, Cauchy's theorem and formula and its consequences.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Estrutura algébrica, métrica e topológica do plano complexo. Funções complexas elementares. Limite e continuidade de funções. Derivada, funções holomorfas, conformidade de funções diferenciáveis. Integral em caminho, Teorema de Cauchy local, índice de caminho e homotopia de caminhos, fórmula de Cauchy local, propriedade de valor médio. Funções analíticas: sucessões e séries de funções complexas, convergência uniforme, séries de potências, zeros de funções analíticas, unicidade de funções analíticas iguais num conjunto com ponto de acumulação, estimativas de Cauchy, Teorema de Liouville, Princípio do Módulo Máximo. Unificação de holomorfia, analiticidade e teorema de Cauchy: fórmula de Cauchy para derivadas, Teorema de Morera, estrutura local de funções holomorfas, analiticidade de séries de funções analíticas. Teorema e fórmula de Cauchy globais. Singularidades isoladas, série de Laurent, Teorema dos resíduos e aplicações.

9.4.5. Syllabus:

Algebraic, metric and topological structure of the complex plane. Elementary complex functions. Limits and continuity of complex functions. Derivative, holomorphic functions, conformality of differentiable functions. Contour integrals, local Cauchy theorem, index of a path and homotopy of paths, local Cauchy formula, mean value property. Analytic functions: sequences and series of complex functions, uniform convergence, power series, zeros of analytic functions, uniqueness of analytic functions equal on a set with an accumulation point, Cauchy estimates, Liouville theorem, Maximum modulus principle. Unification of holomorphy, analyticity and Cauchy theorem: Cauchy formula for the derivatives, Morera theorem, local structure of holomorphic functions, analyticity of series of analytic functions. Global Cauchy theorem and formula. Isolated singularities, Laurent series, Residue theorem and applications.

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos dos conhecimentos e das competências necessários ao seu cumprimento e portanto à concretização dos referidos objetivos.

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

Taking into account the learning objectives of the UC, described in 4, the points in the programmatic content, described in 5, intend to give the students the knowledge and competence that are necessary for their fulfillment and so to attain those same objectives.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua e/ou provas orais para classificações maiores de 17 valores.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, possibly with minimum grade, complemented with continuous evaluation components and oral evaluation for grades above 17 (out of 20).

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através de aulas teóricas e de resolução de problemas. Esta abordagem, com avaliação por exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua e/ou provas orais para classificações maiores de 17 valores, permitirá cumprir os objetivos da UC, bem como dotar os alunos de uma formação relevante na área.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
The teaching method shall be based on the transfer of theoretical and practical concepts through theoretical classes and classes of resolution of problems. This approach, with evaluation by exam/tests, possibly with minimum grade, complemented with continuous evaluation and/or oral examinations for grades higher than 17, will allow to fulfill the objectives of the UC, as well as to give the students a relevant education in the area.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

* *Basic Complex Analysis*, J. E. Marsden and M. J. Hoffman, 1999, 3rd ed, W.H. Freeman.

* *Complex Analysis, An Introduction to the Theory of Analytic Functions of One Complex Variable*, L. V. Ahlfors, 1978, 3rd ed, McGraw-Hill.

* *Análise Complexa e Equações Diferenciais*, L. Barreira, 2019, 4ª ed, IST Press.

* *Introdução à Análise Complexa, Séries de Fourier e Equações Diferenciais*, P. M. Girão, 2018, 2ª ed, IST Press.

* *Análise Complexa de Funções de Uma Variável e Aplicações*, L. T. Magalhães, 2019, DM-IST.

* *Exercícios de Análise Complexa e Equações Diferenciais*, L. Barreira e C. Valls, 2010, 2ª ed, IST Press.

Anexo II - Medida e Integração

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Medida e Integração

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Measure and Integration

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ARAF

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

252

9.4.1.5. Horas de contacto:

70

9.4.1.6. ECTS:

9

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist426915, Ana Patrícia Carvalho Gonçalves, 70h

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

<sem resposta>

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

Dominar conceitos e técnicas de teoria de medida, integração, e espaços de funções.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

To master concepts and techniques in measure theory, integration, and function spaces.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Mensurabilidade; σ -álgebras, medidas, medidas exteriores. Medidas de Borel na recta real. A medida de Lebesgue. Funções mensuráveis. Integração. Teoremas de convergência: teorema de convergência monótona; lema de Fatou; teorema de convergência dominada. Medidas produto e teorema de Fubini-Lebesgue. Integral de Lebesgue em R^n . Introdução aos espaços L^p ; Desigualdades de Hölder e Minkowsky; convergência e completude dos espaços L^p . Diferenciação de medidas; funções de variação limitada e funções absolutamente contínuas; o teorema fundamental do cálculo. Medidas com sinal; decomposições de Hahn e Jordan; o teorema de Radon-Nikodym. Espaços de probabilidade. Teorema da extensão de Kolmogorov.

9.4.5. Syllabus:

Mensurability; σ -algebras, measures, exterior measures. Borel measures on the real line. Lebesgue measure. Measurable functions. Integration. Convergence theorems: monotone convergence theorem; Fatou's lemma, dominated convergence theorem. Product measures and the Fubini-Lebesgue theorem. Lebesgue integral in R^n . Introduction to L^p spaces; Hölder and Minkowsky inequalities. Convergence in and completeness of L^p spaces. Differentiation of measures; bounded variation functions, absolutely continuous functions; the fundamental theorem of calculus. Signed measures, Hahn and Jordan decompositions; the Radon-Nikodym theorem. Probability spaces; the Kolmogorov extension theorem.

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

Taking into account the objectives of the course described in 4, it is possible to observe that all the topics described in 5 aim at giving the students the knowledge and the skills for attaining the aims.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem ativa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/Testes, complementados com componente de avaliação contínua (mini-testes ou resolução de exercícios). Provas orais para classificações estritamente maiores de 17 valores.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, complemented by a continuous evaluation component (short tests or resolutions of exercises). Oral exams for marks strictly above 17 (out of 20).

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

A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

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

The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs and exercises. In this way, we hope to increase the knowledge of the students in the target subjects.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * Real Analysis: Modern Techniques and Their Applications, G. Folland, 1984. Wiley;*
- * Real and Complex Analysis: W. Rudin, 1987. Mc-Graw Hill New York;*
- * An Introduction to Measure Theory: T. Tao, 2011. AMS Graduate Studies in Mathematics. "https://terrytao.files.wordpress.com/2011/01/measure-book1.pdf";*
- * Medida e Integração: P.J. Fernandez, 2007, 2a.ed. Rio de Janeiro: IMPA;*

** Measure theory and integration: M. Taylor, 2006. AMS Graduate Studies in Mathematics.*

Anexo II - Introdução aos Processos Estocásticos

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Introdução aos Processos Estocásticos

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Introduction to Stochastic Processes

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
PE

9.4.1.3. Duração:
Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:
168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:
49.0

9.4.1.6. ECTS:
6.0

9.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:
<no answer>

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):
ist132007, Ana Maria Santos Ferreira Gorjão Henriques, 49h

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:
<sem resposta>

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
*Desenvolver nos alunos aptidões para a modelação de processos estocásticos, e para o reconhecimento e utilização dos seus tipos mais comuns tais como os processos de Poisson, processos de Markov e de renovamento, e movimento Browniano.
Os alunos devem compreender e conseguir reproduzir as suas propriedades fundamentais, saber resolver problemas básicos associados, bem como identificar e adaptar os diferentes tipos de processos a diversos contextos e aplicações.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:
*The students should be able to identify and use the most common stochastic models like the Poisson process, Markov and renewal processes and Brownian motion.
They should understand and be able to reproduce their most fundamental properties; to solve basic problems associated to these, as well as to identify and adapt the most suitable processes in different situations and applied contexts.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:
1. Processos estocásticos - processos aleatórios a ocorrer no espaço ou no tempo - e sua caracterização; questões estudadas no âmbito dos processos estocásticos; os processos elementares de Bernoulli, Poisson e suas variantes.

2. Cadeias de Markov em tempo discreto: comportamentos transiente e recorrente; classificação de estados; teoremas limite. Aplicações incluindo o passeio aleatório e processos de ramificação.

3. Processos de renovamento; teoremas fundamentais. Aplicações incluindo a problemas de manutenção.

4. Cadeias de Markov em tempo contínuo: equações diferenciais de Kolmogorov e probabilidades limite; classificação de estados. Aplicações a processos de nascimento e morte e sistemas de filas de espera.

5. Movimento Browniano, essencial em inúmeras áreas como estatística não-paramétrica e Física; modelo limite do passeio aleatório normalizado; propriedades elementares; processos derivados do movimento Browniano.

9.4.5. Syllabus:

1. Stochastic processes - random processes in time or space - and its characterizations; most common problems in the field; the basic Bernoulli and Poisson processes and extensions.

2. Markov chains in discrete time: transition probabilities; transient/recurrent properties; state classifications; limit theorems. Applications including branching processes.

3. Renewal processes; fundamental theorems. Applications to e.g. maintenance problems.

4. Markov chains in continuous time: Kolmogorov differential equations and limiting probabilities; state classifications. Applications including birth-death processes and queueing systems.

5. Brownian motion as an essential model in many fields ranging from Non-Parametric Statistics to other sciences as Physics; as a limiting process of the scaled random walk; elementary properties, extensions and variations.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular. Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, é possível constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessários ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

Taking into account the objectives of the course described in 4, it is possible to observe that all the topics described in 5 aim at giving the students the knowledge and the skills for attaining the aims.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora uma componente individual escrita (50% Testes/Exame com nota mínima a especificar), e trabalho de grupo com relatório escrito e apresentação oral (50%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates a written individual evaluation (50% Tests/Exam with a minimum grade to specify), and a group written project with oral presentation (50%).

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

A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos, resultados e aplicações através da utilização intensiva de aulas de demonstração e exercícios. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como aprofundar os conhecimento dos estudantes.

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

The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs and exercises. In this way, we hope to increase the knowledge of the students in the target subjects.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*** Introduction to Stochastic Processes, Erhan Cinlar, 2013, (First published: 1975) Prentice-Hall, New Jersey;**

*** Introduction to Probability Models, S. M. Ross, 2007, (First published: 1972), Academic Press, San Diego, California;**

*** Stochastic Processes, S. M. Ross, 1995, (First published: 1983), John Wiley & Sons, New York;**

*** Adventures in Stochastic Processes, S. Resnick, 1992, Birkhäuser, Boston.**

Anexo II - Cálculo Diferencial e Integral II**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Cálculo Diferencial e Integral II***9.4.1.1. Title of curricular unit:***Differential and Integral Calculus II***9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***MatGer***9.4.1.3. Duração:***Semestral***9.4.1.4. Horas de trabalho:***168.0***9.4.1.5. Horas de contacto:***56.0***9.4.1.6. ECTS:***6.0***9.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***9.4.1.7. Observations:***<no answer>***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***ist11151, Luis Magalhães, 56h***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***<sem resposta>***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Domínio do cálculo diferencial de funções de várias variáveis reais com valores escalares e vetoriais e de integrais múltiplos e de linha, incluindo teoremas fundamentais do cálculo para integrais de linha e integrais duplos, e aplicações geométricas e físicas.***9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:***Master the differential and integral calculus of scalar and vector valued functions of several real variables and multiple and line integrals, including the fundamental theorems of calculus for line and double integrals, and geometric and physical applications.***9.4.5. Conteúdos programáticos:***Noções básicas topológicas em R^n , sucessões.**Campos escalares e vetoriais. Limite e continuidade. Diferenciabilidade e gradiente. Aplicações.**Teorema de valor intermédio.**Funções C^k , lema de Schwarz. Extremos e pontos de sela de campos escalares.**Teorema de Weierstrass, fórmula de Taylor, matriz hessiana, multiplicadores de Lagrange.**Teoremas da função inversa e da função implícita. Aplicações.**Integrais múltiplos e aplicações.**Curvas, caminhos e integrais de linha. Aplicações.**Teorema Fundamental do Cálculo para integrais de linha e aplicações.**Teorema de Green e aplicações.**Campos vetoriais gradientes de campos escalares.*

9.4.5. Syllabus:

*Basic topological notions in \mathbb{R}^n , sequences.
 Scalar and vector fields. Limits and continuity. Differentiability and gradient. Applications.
 Intermediate value theorem.
 C^k functions, Schwarz lemma. Extremal and saddle points of scalar fields.
 Weierstrass theorem, Taylor's formula, Hessian matrix, Lagrange multipliers.
 Inverse and implicit function theorems. Applications.
 Multiple integrals and applications.
 Curves, paths and line integrals. Applications.
 Fundamental theorem of calculus for line integrals and applications.
 Green's theorem and applications.
 Gradient vector fields of scalar fields.*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de cálculo diferencial e integral a várias variáveis. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas inter-relações, à colocação de problemas bastante variados cuja resolução requer o envolvimento e combinação de uma forma criativa de ferramentas técnicas e analíticas.

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

The course content corresponds to concepts and techniques of differential and integral calculus in several variables. Besides the acquisition of this knowledge, this subject matter lends itself in a natural way, via the combination of the different topics involved and their relationships, to posing a wide range of problems whose resolution requires the usage and combination in a creative way of technical and analytic tools.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua e/ou provas orais para classificações maiores de 17 valores.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, possibly with minimum grade, complemented with continuous evaluation components and oral evaluation for grades above 17 (out of 20).

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa da parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em contextos diferenciados.

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

The setting and resolution of problems, the developing of autonomous work, and an active learning procedure on the part of the student, are not possible without the acquisition of a solid and dynamic control of the concepts and techniques which are part of the syllabus, having the capacity to relate them, and subsequently apply them in differentiated contexts.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * *Vector Calculus, Marsden and Tromba, 2012, 6th ed, Freeman;*
- * *Calculus II, Apostol, 2016, 2nd ed, Wiley;*
- * *Functions of Several Variables, Fleming, 1977, 2nd ed, Springer;*
- * *Cálculo Diferencial e Integral em \mathbb{R}^n , Gabriel Pires, 2016, 3ª ed, IST Press.;*
- * *Integrais Múltiplos, Luís T. Magalhães, 1996, 3ª ed, Texto Editora;*
- * *Exercícios de Cálculo Integral em \mathbb{R}^n , Gabriel Pires, 2018, 2ª ed, IST Press;*
- * *Exercícios de Análise Matemática I e II, DM-IST, 2003, Departamento de Matemática do IST.*

Anexo II - Elementos de Programação

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Elementos de Programação

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Elements of Programming

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

LogCom

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist13222, Carlos Caleiro, 28h

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

ist13113, Jaime Ramos, 28h

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

Compreender a noção de algoritmo. Dominar os conceitos da programação em vários paradigmas: imperativo, recursivo, funcional e orientado a objectos. Desenvolver aplicações recorrendo a técnicas de modularização por abstracção de dados.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Understand the notion of algorithm. Master the concepts of programming in various paradigms: recursive, imperative, functional and object-oriented programming. Develop applications using modularization and data abstraction techniques.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução à programação em Python em ambiente interactivo. Expressões e tipos. Funções e procedimentos. Programação recursiva, iteração. Programação imperativa, ciclos, atribuições e efeitos colaterais, passagem de parâmetros. Programação funcional: abstracção, combinadores e pontos fixos. Programação com objectos: encapsulamento, classes e herança. Programação multiparadigma e comparação entre paradigmas. Exemplos: aplicações numéricas, ordenação, algoritmos combinatórios, técnicas de optimização. Programação em grande escala: programação modular por camadas, abstracção de dados. Exemplos: torres de Hanoi sobre pilhas, implementações estáticas e dinâmicas, filas e árvores. Aplicações: matrizes esparsas, simulação estocástica, redes neuronais, vida artificial, demonstração automática. Cálculo de Hoare para verificação de programas imperativos: condição invariante e expressão variante de um ciclo, exemplos.

9.4.5. Syllabus:

Introduction to programming in Python using an interactive environment. Expressions and types. Functions and procedures. Recursive programming, recursion and iteration. Imperative programming, cycles, assignments and side-effects, parameter passing. Functional programming: abstraction, combinators and fixed-points. Programming with

objects: encapsulation, classes, inheritance. Multiparadigm programming and relation between paradigms. Examples: numeric applications, sorting, combinatoric algorithms, optimization. Large-scale programming: modularization and data abstraction. Examples: towers of Hanoi over stacks, static and dynamic implementations, queues and trees. Applications: sparse matrices, discrete event simulation, random walks, neural nets, artificial life, automated deduction. Hoare logic for the verification of imperative programs: invariant conditions and variant expression of a cycle, application examples.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC às metodologias de avaliação, os pontos dos conteúdos programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.
Taking into account the expected learning outcomes of the UC and the evaluation methods, the syllabus envisages precisely giving the students the necessary knowledge and competences.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora testes/exame 50% e projeto 50%.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):
The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates tests/exam 50% and project 50%.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
Tendo em conta os objectivos de aprendizagem da UC, os métodos de avaliação estão desenhados precisamente para medir que os alunos adquiriram o conhecimento e as competências práticas requeridas.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
Taking into account the expected learning outcomes of the UC, the evaluation methods envisage precisely evaluating that the students have gained the necessary knowledge and competences.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
 * *Introduction to Computation and Programming Using Python*, J. Guttag, 2013, MIT Press;
 * *Introdução à Programação em Python*, C.Caleiro, J.Ramos, 2016, DMIST;
 * *Programação em Python: Introdução à programação utilizando múltiplos paradigmas*, J. P. Martins, 2015, IST Press;
 * *Think Python: How to think like a computer scientist*, A. Downey, 2012, Green Tea Press;
 * *Learning Python*, M. Lutz, 2013, 5th edition, O'Reilly Media;
 * *Learning IPython for Interactive Computing and Data Visualization*, C. Rossant, 2013, Packt Publishing;
 * *The Art of Computer Programming (volumes 1--3, 4A)*, D. Knuth, 1998, Addison-Wesley.

Anexo II - Introdução à Economia

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Introdução à Economia

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Introductory Economics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
EGO

9.4.1.3. Duração:
Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

84

9.4.1.5. Horas de contacto:

24.5

9.4.1.6. ECTS:

3.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):*ist14021, Rui Miguel Loureiro Nobre Baptista, 0h***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***ist14105, Margarida Catalão Lopes, 14h**ist152309, Hugo Castro Silva, 10.5h***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

O objetivo principal da unidade curricular de Introdução à Economia é permitir aos alunos um primeiro contacto com conceitos económicos fundamentais para o seu dia-a-dia enquanto cidadãos, profissionais de engenharia, ciência e tecnologia, e consumidores. Pretende-se que adquiram um entendimento e familiaridade com questões básicas e estruturantes na sociedade, tais como inflação, desemprego, PIB e crescimento económico, globalização, desigualdade, inovação, o papel da economia nas alterações climáticas, sustentabilidade, responsabilidade social. Após a frequência desta UC os alunos deverão estar habilitados com as competências necessárias para compreender a envolvente económica em que a sua atividade profissional se virá a desenrolar, quer em empresas já estabelecidas, start-ups, ou instituições públicas.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The main objective of the Introductory Economics course unit is to provide students with a first contact with economic concepts fundamental to their daily lives as citizens, engineering, science and technology professionals, and consumers. Students are expected to gain an understanding and familiarity with basic and structuring issues in societies such as unemployment, inflation, GDP and economic growth, globalization, inequality, innovation, the role of the economy in climate change, sustainability, and social responsibility. After completing this course students should be qualified with the necessary skills to understand the economic environment in which their professional activity will unfold, across established companies, start-ups, and government institutions.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Mercados, eficiência e papel do Estado*
- 2. PIB e crescimento económico, inovação e progresso tecnológico*
- 3. Inflação, desemprego e desigualdade*
- 4. Bancos, dinheiro e mercado de crédito; crises financeiras e globalização*
- 5. Política económica*
- 6. Economia, ambiente e alterações climáticas*
- 7. Economia digital, informação e desafios sociais*

9.4.5. Syllabus:

- 1. Markets, efficiency and the role of the Government*
- 2. GDP and economic growth, innovation and technological progress*
- 3. Inflation, unemployment and inequality*
- 4. Banks, money and the credit market; financial crises and globalization*
- 5. Economic Policy*
- 6. Economy, environment and climate change*
- 7. Digital Economy, information, and social challenges*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Os conteúdos programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias à realização dos objetivos de aprendizagem. Os alunos adquirem conhecimentos sobre conceitos económicos fundamentais por via da sua aplicação a problemas e desafios reais atuais que afetam a sociedade e a economia.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.
The topics described in 5 give the students the necessary knowledge to attain the objectives described in 4. Students learn basic economic concepts through application to real problems and challenges that affect society and economics.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):
The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction of evaluation by exams (≤50%).

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
As metodologias de ensino privilegiam a aquisição de conhecimentos por via da sua aplicação a problemas e desafios reais da economia e sociedade, valorizando-se a componente de aprendizagem ativa e o trabalho autónomo.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
The strategy is to foster the learning of basic concepts through applications to real economic and society problems and challenges.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
 * *The Economy* – <https://www.core-econ.org/the-economy/book/text/0-3-contents.html>;
 * *Economia do Bem Comum*, Jean Tirole, 2018, Guerra e Paz;
 * *Principles of Economics*, Gregory Mankiw, 8th edition, 2018, Cengage;
 * *Foundations of Real-World Economics*, John Komlos, 2nd edition, 2019, Routledge, Taylor and Francis Group.

Anexo II - Análise de Modelos Lineares

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Análise de Modelos Lineares

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Linear Model Analysis

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
PE

9.4.1.3. Duração:
Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:
168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:
49.0

9.4.1.6. ECTS:
6.0

9.4.1.7. Observações:*<sem resposta>***9.4.1.7. Observations:***<no answer>***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***ist13493, Maria da Conceição Esperança Amado, 49h***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***<sem resposta>***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Desenvolver a análise de modelos estatísticos lineares com erros normais, enfatizando quer a teoria subjacente aos modelos de regressão, análise de variância e delineamento experimental quer a aplicação e interpretação destes modelos a problemas reais.***9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:***Developing the analysis of normal linear models, emphasizing the theory of the linear regression models, analysis-of-variance models, experimental design, as well as the application of these models to real problems.***9.4.5. Conteúdos programáticos:***Aplicações dos modelos lineares. Inferência em regressão linear simples numa abordagem matricial. Modelo linear geral. Modelos de regressão linear múltipla. Estimação de parâmetros: método dos mínimos quadrados, método da máxima verosimilhança. Inferência e predição. Teste de 'lack-of-fit'. Regressão polinomial. Regressão com variáveis qualitativas. Construção de um bom modelo de regressão. Técnicas de diagnóstico. Modelo de Análise de Variância (ANOVA) com 1 factor fixo. Estimação. Comparações múltiplas. Testes de homocedasticidade. Modelo ANOVA com 1 factor aleatório. Modelos ANOVA com 2 e 3 factores fixos. Modelo de análise de covariância (ANCOVA). Introdução ao Delineamento Experimental. Delineamento completamente aleatorizado. Delineamento em blocos aleatorizados. Outros tópicos extra: Regressão robusta, ridge e LASSO.***9.4.5. Syllabus:***Applications of linear models. Overview of simple linear regression. The general linear model. Topics of matrix algebra. The multiple linear regression model. Estimation of parameters. Least squares. Residuals and properties. Maximum likelihood. Inference and prediction. Distribution of the estimators. The problem of simultaneous estimation. Prediction. ANOVA table. General linear hypotheses. Lack-of-fit test. Standardized variables. Polynomial regression. Qualitative variables. Building a good regression model. Diagnostic techniques and correction measures. Selection of variables. Model validation. The analysis of variance models. ANOVA models with one fixed factor. Estimation. Inference. Multiple comparisons. Diagnostics. ANOVA models with one random factor. ANOVA models with two fixed factors. Analysis of covariance. Research Design Principles. Completely Randomized Designs. Completely random block designs. Other extra topics: Robust regression, ridge and LASSO.***9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular***Os conteúdos estão organizados de forma integrada e hierárquica partindo-se de aspectos gerais teóricos dos modelos lineares para a concretização e aplicação teórica e aplicada a modelos específicos. Estes conteúdos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos objectivos referidos.***9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.***The contents are organized in an integrated and hierarchical way starting from the general theoretical aspects of linear models to the realization and application to various models and their specificities. These contents aim to provide students with the knowledge and skills necessary for their fulfillment and the acquisition of these objectives.***9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame com nota mínima de 7.0 valores + Projeto Computacional.***9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):**

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam with a minimum grade of 7.0 + Computational Project.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
As metodologias de ensino e de aprendizagem visam o desenvolvimento integrado nos estudantes dos conhecimentos referidos nos conteúdos programáticos e a concretização dos objectivos e competências estabelecidos. A realização de exercícios na aula, quer de aquisição de conceitos, quer de aplicação computacional, a realização de um projecto com dados reais e um exame potencia a aprendizagem numa perspectiva de globalidade fomentando a integração de saberes. Os métodos propostos pretendem desenvolver nos estudantes conhecimentos, compreensão e competências ao nível da aplicação sustentada pelo conhecimento teórico.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
Teaching and learning methodologies aim at the integrated development of the knowledge referred to in the programmatic content and the achievement of established objectives and competences. Exercises in class for acquiring theoretical or computational concepts, the realization of a project with real data and a written examination enhances learning in a global perspective fostering the integration of knowledge. The proposed methods aim to develop knowledge, understanding and competencies in students at the application level supported by theoretical knowledge.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

** Applied Linear Statistical Models, Michael H. Kutner, John Neter, Christopher J. Nachtsheim, William Li, 2004, McGraw-Hill College;*

** Linear Models with R, Faraway, J., 2014, New York: Chapman and Hall/CRC;*

** Matrix Algebra useful for Statistics, S.R. Searle, 1982, Wiley, Nova Iorque.*

Anexo II - Cálculo Diferencial e Integral I

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Cálculo Diferencial e Integral I

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Differential and Integral Calculus I

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
MatGer

9.4.1.3. Duração:
Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:
168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:
56.0

9.4.1.6. ECTS:
6.0

9.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:
<no answer>

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):
ist12267, Pedro Simões Cristina de Freitas, 56h

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

<sem resposta>

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

Dominar conceitos e técnicas de cálculo diferencial e integral a uma variável. Desenvolver pensamento analítico, criatividade e capacidade de inovação, através da aplicação desses conceitos e técnicas em contextos diferenciados.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Master concepts and techniques of differentiable and integral calculus in one variable. Develop analytic thinking, creativity and innovation capacity, through the application of those concepts and techniques in different contexts.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Números reais: axiomas algébricos, de ordem e do supremo. Números naturais e indução matemática. Sucessões; aplicações. Funções reais de uma variável real; limites e continuidade; funções elementares. Propriedades globais de funções contínuas: teoremas do valor intermédio e de Weierstrass. O conceito de derivada. Derivadas das funções elementares. Teoremas de Rolle, Lagrange e Cauchy. Regra de l'Hôpital. Derivadas de ordem superior. Funções inversas.

Primitivação: partes, substituição, funções racionais. Integral de Riemann. Teorema Fundamental do Cálculo. Regra de Barrow. Aplicações: cálculo de áreas; definição de funções (ex.: logaritmo, erro, gama); exemplos de equações diferenciais separáveis da forma $f(y) y'(t) = g(t)$. Polinómio de Taylor. Séries numéricas. Critérios de convergência. Convergência simples e absoluta. Séries de potências, raio de convergência. Séries de Taylor: definição, exemplos e convergência.

9.4.5. Syllabus:

Real numbers: algebraic, order and supremum axioms. Natural numbers and mathematical induction. Sequences: the concept of limit; applications. Real functions of one real variable: limits and continuity; elementary functions. Global properties of continuous functions: intermediate value and Weierstrass theorems. The concept of derivative. Derivatives of elementary functions. Rolle, Lagrange and Cauchy theorems. L'Hôpital's rule. Derivatives of higher order. Inverse functions.

Primitives: parts, substitution, rational functions. Riemann's integral. Fundamental Theorem of Calculus. Barrow's rule. Applications: calculation of areas; definition of functions (ex.: logarithm, error and gamma functions); examples of separable differential equations of the form $f(y) y'(t) = g(t)$. Taylor's polynomial. Numerical series. Convergence criteria. Simple and absolute convergence. Power series, convergence radius. Taylor series: definition, examples and convergence.

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

Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de cálculo diferencial e integral a uma variável. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas inter-relações, à colocação de problemas bastante variados cuja resolução requer o envolvimento e combinação de uma forma criativa de ferramentas técnicas e analíticas.

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

The course content corresponds to concepts and techniques of differential and integral calculus in one variable. Besides the acquisition of this knowledge, this subject matter lends itself in a natural way, via the combination of the different topics involved and their relationships, to posing a wide range of problems whose resolution requires the usage and combination in a creative way of technical and analytic tools.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exames/testes, possivelmente com nota mínima, complementados com uma componente de avaliação contínua e/ou provas orais para classificações superiores a 17 valores (em 20).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, possibly with a minimum grade, complemented with continuous evaluation components and/or an oral evaluation for grades above 17 (out of 20).

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

A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa da parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em contextos diferenciados.

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

The setting and resolution of problems, the developing of autonomous work, and an active learning procedure on the part of the student, are not possible without the acquisition of a solid and dynamic control of the concepts and techniques which are part of the syllabus, having the capacity to relate them, and subsequently apply them in differentiated contexts.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * *Cálculo numa Variável Real*, J. P. Santos, 2013, IST Press;
- * *Calculus*, M. Spivak, 2006, 3rd Edition, Cambridge University Press;
- * *Introduction to Real Analysis*, W. Trench, 2009, (free edition), Trinity University;
- * *Aulas teóricas de Cálculo Diferencial e Integral I*, M. Abreu e R. L. Fernandes, 2014, DM-IST;
- * *Cálculo Diferencial e Integral I*, M. A. Bastos e A. Bravo, 2010, (texto de apoio às aulas);
- * *Introdução à Análise Matemática*, J. Campos Ferreira, 2018, 12ª edição, Gulbenkian;
- * *A First Course in Real Analysis*, M. H. Protter e C. B. Morrey, 1993, Springer-Verlag;
- * *Calculus*, J. Stewart, 2015, 8th edition

Anexo II - Introdução à Otimização

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Introdução à Otimização

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Optimization

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EDSD

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12466, Maria Cristina De Sales Viana Seródio Sernadas, 28h

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

ist14184, João Filipe Quintas dos Santos Rasga, 28h

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

Entender as técnicas para resolver problemas de otimização linear.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Understand the techniques for solving linear optimization problems.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Problema de otimização canónico e padrão. Otimizadores: fronteira e existência. Decisão sobre a existência de otimizadores. Lema de Farkas. Uso de cones convexos. Cálculo de otimizadores. Vetores admissíveis básicos. Análise geométrica da admissibilidade e dos otimizadores. Dualidade fraca e forte. Complementaridade e equilíbrio. Lógica de inequações. Breve introdução à complexidade. Problemas de decisão. O algoritmo do simplexo: correção, completude e complexidade. Otimização inteira. Problemas totalmente unimodulares. A técnica da ramificação e limitação.

9.4.5. Syllabus:

Linear optimization problem in canonical and standard forms. Optimizers: boundary and existence. Decision about optimizers. Farkas Lemma. The use of convex cones. Computing optimizers. Basic admissible vectors. Geometrical analysis of admissibility and optimizers. Weak and strong duality, Complementarity and equilibrium. Logic of inequalities. A brief introduction to complexity. The simplex algorithm: soundness, completeness and complexity. Integer linear optimization. Totally unimodular problems. The branch and bound technique.

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, é possível constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessários ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

Taking into account the objectives of the course described in 4, it is possible to observe that all the topics described in 5 aim at giving the students the knowledge and the skills for attaining the aims.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes complementado com componente de avaliação contínua.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, complemented with continuous evaluation components.

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

A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos, resultados e aplicações através da utilização intensiva de aulas de demonstração e exercícios. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como aprofundar os conhecimentos dos estudantes.

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

The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs and exercises. In this way, we hope to increase the knowledge of the students in the target subjects.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

** A Mathematical Primer on Linear Optimization, Diogo Gomes, Amílcar Sernadas, Cristina Sernadas, João Rasga, Paulo Mateus, 2019, Texts in Mathematics College Publications, London.*

Anexo II - Lógica Matemática

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Lógica Matemática

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Mathematical Logic**9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:****LogCom****9.4.1.3. Duração:****Semestral****9.4.1.4. Horas de trabalho:****168.0****9.4.1.5. Horas de contacto:****56.0****9.4.1.6. ECTS:****6.0****9.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****9.4.1.7. Observations:****<no answer>****9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):****ist12466, Maria Cristina De Sales Viana Seródio Sernadas, 56h****9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:****<sem resposta>****9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):****Estabelecer os resultados principais em lógica de predicados de primeira ordem e suas teorias da aritmética e dos conjuntos.****9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:****Establish the main results in first-order predicate logic and the theories of arithmetic and sets.****9.4.5. Conteúdos programáticos:****Assinatura da lógica de 1ª ordem. Variáveis, termos e fórmulas. Termo livre para variável em fórmula. Cálculo de Hilbert: axiomas e regras de inferência. Derivação. Prop. do operador de consequência. Uso de lemas. Metateoremas da dedução, da contradição, da substituição de equivalentes e da substituição. Semântica: denotação de termo, satisfação local e global de fórmula, consequência semântica. Lemas semânticos. Fórmula tautológica. Correção do cálculo de Hilbert. Extensão coerente e completa. Lema de Lindenbaum. Completude do cálculo de Hilbert: construção de Henkin. Conceitos básicos de computabilidade: função computável, conjunto decidível e conjunto listável. Critérios de listabilidade. T. da projeção. Assinatura decidível. Decidibilidade do conjunto das fórmulas. Listabilidade do conjunto de consequências de conjunto decidível de fórmulas. Teoria. Igualdade. Teoria coerente e teoria completa. Teorias ZF e NBG. Teorias da aritmética.****9.4.5. Syllabus:****First-order logic signature. Variables, terms and formulas. Term free for a variable in a formula. Hilbert calculus: axioms and inference rules. Derivation. Properties of the consequence operator. Use of lemmas. Metatheorems: deduction, contradiction, substitution of equivalents and substitution. Semantics: denotation of term, local and global satisfaction of formula and semantic consequence. Semantic lemmas. Tautological formula. Soundness of the Hilbert calculus. Consistent and complete extension. Lindenbaum lemma. Completeness of the Hilbert calculus: Henkin construction. Basic notions of computability: computable function, decidable and listable set. Projection theorem. Decidable first-order signature. Decidability of the sets of terms and formulas. Listability of the set of consequences of a decidable set. Theory. Theory with equality. Theories ZF e NBG. Theories of arithmetic. Consistent and complete theories.**

- 9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular**
Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, é possível constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessários ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.
- 9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.**
Taking into account the objectives of the course described in 4, it is possible to observe that all the topics described in 5 aim at giving the students the knowledge and the skills for attaining the aims.
- 9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**
As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes complementado com componente de avaliação contínua.
- 9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):**
The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, complemented with continuous evaluation components.
- 9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.**
A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos, resultados e aplicações através da utilização intensiva de aulas de demonstração e exercícios. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como aprofundar os conhecimentos dos estudantes.
- 9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.**
The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs and exercises. In this way, we hope to increase the knowledge of the students in the target subjects.
- 9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**
** Foundations of Logic and Theory of Computation - Second Edition., A. Sernadas e C. Sernadas, 2012, Colledge Publications, London;*
** Fundamentos de Lógica e Teoria da Computação - Segunda Edição , A. Sernadas e C. Sernadas, 2012, Colledge Publications, London.*

Anexo II - Bioestatística

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Bioestatística

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Biostatistics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

PE

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12954, Maria do Rosário de Oliveira Silva, 49h

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

<sem resposta>

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

O curso pretende apetrechar os estudantes com os conhecimentos de estatística necessários para participar activamente no delineamento e na análise de dados de estudos de investigação médica (nomeadamente ensaios clínicos e estudos epidemiológicos). Depois de dois capítulos introdutórios, onde se pretende familiarizar os estudantes com os conceitos básicos mais relevantes para a bioestatística, serão abordados os principais modelos estatísticos utilizados neste tipo de estudos (ANOVA, regressão linear, correlação, regressão logística, análise de sobrevivência), bem como alguns modelos específicos dos ensaios clínicos.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The aim of this course is to prepare students to become actively involved on design and data analysis of medical research studies (namely in clinical trials and epidemiological research). The course comprises two introductory chapters, where the basic statistical concepts relevant to biostatistics are discussed, followed by chapters on statistical models commonly applied in medical studies (ANOVA, linear regression, correlation, logistic regression, survival analysis), as well as models specific of clinical trials.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução: importância dos métodos estatísticos; tipos de estudos; delineamento; protocolos e considerações éticas. Complementos de inferência estatística: verosimilhança; testes de hipóteses; regressão linear simples; testes não-paramétricos; curvas ROC, avaliação do desempenho de testes de diagnóstico. Análise de variância: ANOVA com um/dois fator fixo; ANOVA com um fator aleatório; comparações múltiplas; diagnóstico; técnicas não-paramétricas. Regressão e correlação: regressão linear múltipla, comparação de modelos de regressão; correlação; diagnóstico e validação. Regressão logística: inferência; interpretação; comparação de modelos; diagnóstico e validação. Análise de sobrevivência: censura; Kaplan-Meyer; comparação de curvas de sobrevivência; modelos Cox. Ensaios clínicos: tipos de delineamento; métodos de análise; procedimentos Mantel-Haenszel; ensaios clínicos cross-over; ensaios clínicos sequenciais.

9.4.5. Syllabus:

1. Introduction and motivation: statistical methods in medical research; types of study; design; protocols and ethical considerations. 2. Complements of statistical inference: likelihood; tests of hypotheses; simple linear regression; non-parametric tests; ROC curves and evaluation of the performance of diagnostic tests. 3. Analysis of variance: ANOVA with one/two fixed factor, ANOVA with one random factor, multiple comparisons; diagnostics and data transformation, non-parametric techniques. 4. Regression and correlation: multiple linear regression, comparison of regression models, correlation, diagnostics and validation. 5. Logistic regression: inference, interpretation, comparison of models, diagnostics and validation; dose-response models. 6. Survival analysis: censorship; Kaplan-Meyer; comparison of survival curves; Cox's models. 7. Clinical trials: types of design, methods of analysis, Mantel-Haenszel procedures, crossover design; sequential clinical trials.

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

Os conteúdos estão organizados de forma integrada e permite aos alunos adquirem conhecimentos em Bioestatística, fundamentais para a sua futura participação no delineamento e análise de dados de estudos de investigação médica. A colaboração da FMUL reforça o conhecimento e interesse práticos dos conhecimentos teóricos para uma boa aplicação das metodologias ensinadas na resolução de problemas práticos.

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

Contents are organized in an integrated form and allow students to acquire knowledge in biostatistics, which is fundamental to the future participation in data treatment in medical research. The collaboration with FMUL reinforces the knowledge and provides practical application of the methods learned.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora testes + projeto computacional.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates tests + computational project.

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

As metodologias de ensino e de aprendizagem visam o desenvolvimento integrado dos conteúdos programáticos e a concretização dos objectivos. A realização de exercícios teóricos, a modelação de conjuntos de dados reais, a realização de um projecto assentes em problemas reais propostos pela FMUL, a discussão dos resultados com os peritos da área e um exame potencia uma aprendizagem numa perspectiva global fomentando a integração de saberes e a exposição a várias visões sobre Bioestatística. As metodologias propostas pretendem desenvolver nos estudantes conhecimento, compreensão, sentido crítico e competências ao nível da resolução de problemas reais sustentada pelo conhecimento teórico.

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

The teaching and learning methods have been designed to allow students to develop a deep understanding of the course subject, which ensures compliance with the course unit objectives. Theoretical exercises, modeling of real data sets, projects based on real problems proposed by FMUL, result discussions with experts and an exam enhance learning in a global perspective, fostering knowledge integration and exposure to different perspectives on biostatistics.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

** Introductory Biostatistics for the Health Sciences: Modern Applications Including Bootstrap, Chernick, M.R. and Friis, R.H., 2003, Wiley;*

** Clinical Trials. A Practical Approach, Pocock, S.J., 1983, Wiley.*

Anexo II - Projecto Integrador de 1º Ciclo em Matemática Aplicada e Computação

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Projecto Integrador de 1º Ciclo em Matemática Aplicada e Computação

9.4.1.1. Title of curricular unit:

1st Cycle Integrated Project in Applied Mathematics and Computation

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ACDM

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

252.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

21.0

9.4.1.6. ECTS:

9.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):
ist13234, Leonor Pires Marques de Oliveira Godinho, 0h

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:
Esta disciplina funciona em regime tutorial e cada aluno pode escolher o seu orientador de projecto dentro do Departamento Matemática.

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
O Projecto Integrador tem a duração de um semestre e é enquadrável em uma de três modalidades:
1. Projecto científico, 2. Projecto em empresa e 3. Projeto JUNO. Os objetivos de aprendizagem dependerão do projeto específico, mas, em geral, os estudantes deverão:

- *aplicar os conhecimentos adquiridos na licenciatura no desenvolvimento de um projeto científico, tecnológico ou de gestão.*
- *estender os seus conhecimentos a áreas não cobertas na licenciatura.*
- *pesquisar, obter, compilar e resumir informações (científicas, técnicas, legislação, entrevistas, inquéritos) relevantes para o projeto.*
- *planear e executar experiências, analisar e interpretar dados, desenvolver modelos matemáticos, realizar simulações em computador.*
- *desenvolver competências intrapessoais, interpessoais e de pensamento crítico e inovador.*
- *escrever e apresentar oralmente e discutir um relatório técnico.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:
The integrated project may fall within one of three modalities:

- 1. Scientific project,*
- 2. Company project and*
- 3. JUNO project. Learning objectives will depend on the specific project, but in general students should:*

- *apply the knowledge acquired during their degree to undertake a project of a scientific, technological or management nature.*
 - *extend their knowledge to areas not covered in their degree.*
 - *search, obtain, compile and summarize information (scientific, technical, legislation, interviews, polls) relevant to the project - plan and execute experiments, analyse and interpret data, develop mathematical models, perform computer simulations*
 - *develop Critical and Innovative Thinking, Intrapersonal and Interpersonal Skills. - write and orally present and discuss a technical report.*
- This project could serve as a seed for the master dissertation theme*

9.4.5. Conteúdos programáticos:
O projeto é definido inicialmente pelos orientadores ou sob orientação destes. Pode ser realizado individualmente ou em grupo, no IST ou fora do IST (universidades, centros de investigação ou empresas). As seguintes modalidades são possíveis:

- 1. Projecto científico: uma análise profunda e academicamente rigorosa de um desafio científico, tecnológico ou da área de gestão. Pode incluir trabalho experimental e/ou computacional.*
- 2. Projeto em empresa: projeto individual focado num desafio específico apresentado pela empresa anfitriã que requer uma solução ou análise vocacionada para uma implementação a curto prazo.*
- 3. Projeto JUNO: trabalho em equipa multidisciplinar com base em problemas/desafios reais e complexos apresentados por empresas ou instituições e que exigem contribuições de alunos de diferentes cursos do IST/ULisboa.*

9.4.5. Syllabus:
The project is initially defined by the supervisors or under the supervisors guidance. It can be carried out individually or in groups, and take place at IST or outside IST (universities, research centers or companies). The following types are possible:

- 1. Scientific project: an in-depth and academically rigorous analysis of a scientific, technological or management challenge. May include experimental and/or computational work.*
- 2. Company project: individual project focused on a specific challenge posed by a host company that requires a solution or analysis targeted for short term implementation.*
- 3. JUNO project: multidisciplinary team work based on real and complex problems/challenges posed by companies or*

other institutions that require inputs from students from different courses of IST or the University of Lisbon.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Os temas propostos como projecto vão ao encontro dos objectivos da UC.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.
The topics proposed to the students are chosen according to the goals of this CU.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
Metodologias de Ensino: A UC funciona em regime tutorial. O aluno encontra-se semanalmente com o seu orientador de projecto ao longo do semestre. Avaliação: Relatório escrito e apresentação.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):
Teaching methodologies: The student meets his advisor every week during the semester.

Evaluation: Written report and presentation.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
Esta metodologia de ensino permite que aluno adquira os conhecimentos de base necessários para estudar e trabalhar no tema proposto.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
The teaching methodology allows the fulfillment of the intended learning outcomes, as well as the leveling of the knowledge of students with different backgrounds and formations.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
Variável (de acordo com os temas propostos).

Anexo II - Combinatória e Grafos

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Combinatória e Grafos

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Combinatorics and Graphs

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
AlgTop

9.4.1.3. Duração:
Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:
84.0

9.4.1.5. Horas de contacto:
28.0

9.4.1.6. ECTS:
3.0

9.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):
ist13317, Pedro Alves Martins Rodrigues, 28h

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:
<sem resposta>

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Rever e aprofundar conceitos e técnicas básicas de enumeração, adaptando-os à resolução de problemas de diversos tipos. Estudar os problemas de enumeração de estruturas finitas importantes (partições de conjuntos e de números, permutações, classes de equivalência de objectos, classes de grafos, etc.). Introduzir os conceitos fundamentais da teoria dos grafos e a resolução de problemas relacionados, com ênfase na demonstração de resultados. Introduzir o conceito de função geradora e aplicá-lo a problemas de enumeração.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:
To introduce counting related concepts and techniques, adapting them to various types of problem solving. To study counting problems on important finite structures (partitions of sets and numbers, permutations, equivalence classes, classes of graphs, etc.). To introduce the fundamental concepts of graph theory and related problems, with emphasis on proving results. To introduce the notion of generating function, applying it to counting problems.

9.4.5. Conteúdos programáticos:
Exemplos e modelos básicos de enumeração. Princípios elementares de análise combinatória e aplicações. Enumeração de partições de conjuntos e de números. O princípio de inclusão-exclusão. Permutações. O teorema de Cauchy–Frobenius–Burnside e aplicações. Conceitos básicos sobre grafos. Conectividade e árvores. Grafos planares. Número de coloração e polinómio de coloração. Problemas extremais da teoria de grafos. Funções geradoras.

9.4.5. Syllabus:
Basic examples and models of enumeration. Elementary principles of combinatorics and applications. Enumeration of set and number partitions. The principle of inclusion-exclusion. Permutations. The Cauchy–Frobenius–Burnside theorem and applications. Basic concepts from graph theory. Connectivity and trees. Planar graphs. Coloring number and coloring polynomial. Matching theory. Extremal problems. Generating functions.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Os conteúdos programáticos abrangem os tópicos fundamentais dos temas descritos nos objectivos de aprendizagem, e foram seleccionados de modo a permitir o desenvolvimento, a partir das noções básicas adquiridas anteriormente, de um conhecimento mais aprofundado e rigoroso desses temas. Esses conteúdos garantem, além disso, a possibilidade de exploração de alguns tópicos mais avançados, servindo assim também o objectivo de reforçar capacidades de raciocínio lógico-dedutivo e de pesquisa.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.
The course contents cover fundamental topics of the themes described in the course learning objectives and were selected to allow a further deeper and rigorous knowledge of these themes. These contents also allow the possibility to explore more advanced topics and so they satisfy the objective of reinforcing logical-deductive thinking and research.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora avaliação contínua, incluindo testes realizados nas aulas, e exame final.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):
The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates continuous assessment, for instance by written tests during classes, and a final exam.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
As metodologias de ensino foram seleccionadas de modo a explorar, no processo de aprendizagem, a relação dialéctica entre teoria e aplicações, enfatizando a formulação e resolução de problemas e a garantir quer a aquisição de conhecimentos fundamentais quer a abordagem e investigação de problemas e temas mais complexos.

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

Teaching methods were selected in order to explore the dual relation between theory and applications, focused on problem solving and to guarantee both the acquisition of fundamental knowledge and the research on more complex topics.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * *Combinatorics and Graph Theory, J.M. Harris, J.L. Hirst, M.J. Mossinghoff, 2008, UGT, Springer;*
- * *A Walk Through Combinatorics — An Introduction to Enumeration and Graph Theory, M. Bóna, 2006, World Scientific;*
- * *Modern Graph Theory, B. Bollobás, 1998, Springer;*
- * *Enumerative Combinatorics, Vol. I, R.P. Stanley, 2008, Cambridge University Press.*

Anexo II - Mecânica e Ondas**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Mecânica e Ondas

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Mechanics and Waves

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FBas

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

IST12825, Ana Maria Vergueiro Monteiro Cidade Mourão, 28h

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

ist428535, Ana Sofia Paulino Afonso, 21.0h

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

Geral: Aquisição de competências que permitam perceber, prever ou analisar quantitativamente uma variedade de fenómenos físicos. Garantir formação científica avançada e profunda em domínios fundamentais da Física de modo a permitir abordagens de inovação disciplinares ou interdisciplinares.

Específico: Compreensão e interligação dos conceitos e princípios básicos da Mecânica e das Ondas, como massa, energia, trabalho, corpo rígido, oscilações e ondas, através de uma perspectiva integradora dos mesmos; capacidade de os aplicar à resolução de problemas, nomeadamente no que respeita às suas aplicações tecnológicas.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

General: Quantitatively predict the consequences of a variety of physical phenomena with calculatory tools. Ensure

advanced and thorough scientific training in a fundamental field of Physics, hence allowing for disciplinary or interdisciplinary approaches to innovation.

Specific: Ability to understand and interconnect the concepts and basic principles of classical Mechanics and Waves, such as mass, energy, work, oscillations and waves, through an integrative perspective; ability to apply them to problem solving, particularly in what concerns their technological applications.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Cinemática do ponto material.*
2. *Dinâmica do ponto material. Forças. Referenciais. Leis de Newton.*
3. *Trabalho e energia: energia cinética; forças conservativas; energias potencial e mecânica. Sistemas dissipativos.*
4. *Momento linear: sistema de partículas e centro de massa; conservação do momento linear; colisões.*
5. *Momento angular. Momento de uma força:*
6. *Gravitação: leis de Kepler e forças centrais.*
7. *Corpo rígido: momento de inércia; estática; translação e rotação.*
8. *Oscilações: harmónicas simples, com atrito e forçadas; ressonância.*
9. *Ondas: sinusoidais e parâmetros característicos; transversais e longitudinais, estacionárias (corda vibrante), planas e esféricas; batimentos; princípio de Huygens; reflexão, refração; interferências.*
10. *Fluídos: Pressão hidrostática. Princípio de Arquimedes. Equação de Bernoulli.*
11. *Relatividade restrita de Einstein. Transformações de Lorentz. $E=mc^2$.*

9.4.5. Syllabus:

1. *Kinematics of the material point.*
2. *Dynamics of the material point. Forces. Newton's laws.*
3. *Work and energy: kinetic energy; conservative forces; potential and mechanical energies; energy conservation. Dissipative systems.*
4. *Linear moment: of a particle or a system of particles and center of mass; conservation of linear momentum; collisions.*
5. *Angular momentum. Moment of a force:*
6. *Gravitation: Kepler's laws and central forces.*
7. *Rigid body: moment of inertia; static; translation and rotation.*
8. *Oscillations: simple, frictional and forced harmonics; resonance.*
9. *Waves: sinusoidal; transversal and longitudinal, stationary (vibrant string), flat and spherical; beats; Huygens principle; reflection, refraction, and dispersion; interference.*
10. *Fluids: Hydrostatic pressure. Archimedes' principle. Bernoulli equation.*
11. *Einstein's special relativity. Transformation of Galileo and transformation of Lorentz. $E = mc^2$.*

9.4.6. *Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular Os conteúdos programáticos, descritos anteriormente, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao cumprimento dos objetivos de aprendizagem definidos.*

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

The syllabus contents, described above, aim to provide students with the knowledge and skills necessary to fulfill the defined learning objectives.

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

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada na compreensão dos conceitos fundamentais. Para tal, estas metodologias baseiam-se na utilização recorrente de experiências de demonstração em ambiente de aulas teóricas, reforçada com a resolução de problemas e com a componente laboratorial. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (testes e aulas de laboratórios) compatível com a redução significativa do peso de exame <75%.

9.4.7. *Teaching methodologies (including evaluation):*

Teaching methodologies aim to promote learning based on the understanding of fundamental concepts. To this end, these methodologies are based on the recurring use of demonstration experiences in a theoretical classroom environment, reinforced with problem solving and the laboratory component. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (tests and laboratory classes) compatible with a significant reduction in the exam weight <75%.

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

A metodologia de ensino baseia-se na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização de

experiências de demonstração em aulas teóricas, da resolução de problemas e na realização de trabalhos experimentais em Aulas de Laboratório. Esta abordagem permitirá cumprir os objetivos e é importante para o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências.

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

The teaching methodology is based on the transfer of theoretical and practical concepts through the use of demonstration experiences in theoretical classes, problem solving and carrying out experimental work in Laboratory Classes. This approach will make it possible to achieve the objectives and is important for leveling the knowledge of students from different backgrounds.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

** Physics for Global Scientists and Engineers (vols 1 and 2), R.A. Serway, Jewett, Wilson, Wilson and Rowlands, 2017 , ISBN10: 1-4737-5721-5*

Anexo II - Topologia

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Topologia

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Topology

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

AlgTop

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

252.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

70.0

9.4.1.6. ECTS:

9.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist13446, João Paulo Neves Monteiro dos Santos, 70h

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

<sem resposta>

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

Compreender as definições básicas e a demonstração dos resultados fundamentais sobre compacidade, conectividade e separação. Saber ilustrar as definições com exemplos. Saber calcular o grupo fundamental de um espaço topológico por meio da sua acção na fibra de um revestimento universal e usando o Teorema de Van Kampen. Compreender a classificação dos revestimentos e a classificação das superfícies compactas.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

To understand the basic definitions and the proofs of the foundational results on compactness, connectedness and separation. To be able to illustrate these with examples. To know how to compute the fundamental group via its action on the fiber of a universal covering and using the Van Kampen theorem. To understand the classification of covering spaces and the classification of compact surfaces.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Espaços topológicos e funções contínuas. Espaços métricos. Produtos e quocientes. Espaços conexos e conexos por arcos. Teorema do valor intermédio. Espaços localmente conexos. Espaços compactos. Teoremas de Heine-Borel e de Weierstrass. Enunciado do Teorema de Tychonoff. Caracterização dos conjuntos compactos nos espaços métricos. Espaços métricos completos. Teorema de Baire. Axiomas de numerabilidade e de separação. O Lema de Urysohn e o Teorema de Tietze. Grupo fundamental e revestimentos. Dependência do ponto de base. Propriedade do levantamento único de caminhos e homotopias. Acção do grupo fundamental na fibra de um revestimento. Grupo fundamental da circunferência. Aplicações. Grupos definidos por geradores e relações. Soma amalgamada de grupos. O Teorema de Seifert-Van Kampen. Classificação das superfícies. O critério de levantamento. O revestimento universal. Grupo de transformações de um revestimento. Classificação dos revestimentos.

9.4.5. Syllabus:

Topological spaces and continuous functions. Metric spaces. Products and quotients. Connectedness and path connectedness. The intermediate value theorem. Local connectedness. Compact spaces. The Heine-Borel Theorem. The Weierstrass Theorem. Statement and examples of the Tychonoff theorem. Compactness in metric spaces. Complete metric spaces. Baire's Theorem. Countability axioms. Hausdorff and normal spaces. Urysohn's Lemma and Tietze's Theorem. Fundamental groups and covering spaces. The unique path lifting and homotopy lifting properties. Action of the fundamental group on the fiber. Fundamental group of the circle. Groups defined by generators and relations. Pushout of groups. Seifert-Van Kampen Theorem. Classification of surfaces. The lifting criterion. The universal covering. Group of covering transformations. Classification of covering spaces.

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

Having present the learning objectives of the course described in point 4, any specialist in the subject will attest that all points described in 5 will give the students the necessary knowledge and competences to fulfill the mentioned objectives.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora avaliação contínua, incluindo testes realizados nas aulas, e exame final.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates continuous assessment, for instance by written tests during classes, and a final exam.

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

Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de exercícios permite a consolidação dos conhecimentos adquiridos.

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

The teaching methods were conceived to allow all students to develop a thorough knowledge of the subject, assuring its compliance with the objectives of the course. Solving exercises allows the consolidation of the acquired concepts.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

** Topology, J. Munkres, 2000, Prentice-Hall, (2nd edition)*

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Teoria da Probabilidade

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Probability Theory

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

PE

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

252.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

70.0

9.4.1.6. ECTS:

9.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist426915, Ana Patricia Carvalho Gonçalves, 70h

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

<sem resposta>

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

O objetivo da disciplina consiste em expôr os alunos à teoria da probabilidade desde o conceito básico de variável aleatória, passando pelos conceitos de convergência de sequências de variáveis aleatórias até ao conceito de martingal em tempo discreto.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The goal of this course consists in exposing the students to probability theory since the basic notion of random variable, passing through the concepts of convergence of sequence of random variables up to the theory of martingales in discrete time.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Breve revisão sobre espaços de probabilidade, variáveis e vetores aleatórias, independência estocástica, esperança matemática. Convergência de sucessões de variáveis aleatórias: tipos de convergência e relações entre os mesmos. Integridade uniforme e momentos. Lemas de Borel-Cantelli. Convergência de séries de variáveis aleatórias, teoremas de Kolmogorov, sequências equivalentes. Leis dos Grandes Números: leis fraca e lei forte. Funções característica: propriedades, teorema da unicidade, inversão e relação com convergência fraca, teorema do limite central. Esperança condicional: propriedades básicas, esperança condicional com respeito um número finito de variáveis aleatórias e com respeito a sigma algebras. Teoria de martingais em tempo discreto: propriedades, upcrossing, teoremas de convergência, tempos de paragem, teoremas de amostragem opcional, aplicações.

9.4.5. Syllabus:

Brief recap on probability spaces, random variables and random vectors, stochastic independence, mathematical expectation. Convergence of sequences of random variables: different types of convergence and relationship between them. Uniform integrability and moments. Borel-Cantelli lemmas. Convergence of series of random variables,

Kolmogorov's theorems, equivalent sequences. Laws of large numbers: weak law and strong laws. Characteristic functions: properties, uniqueness theorem, inversion formula and its relationship with weak convergence, central limit theorem. Conditional expectation: basic properties, conditional expectation with respect to a finite number of random variables and with respect to sigma algebras. Theory of discrete time martingales: properties, upcrossing, convergence theorems, stopping times, optional stopping theorems, applications.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.
Taking into account the objectives of the course described in 4, it is possible to observe that all the topics described in 5 aim at giving the students the knowledge and the skills for attaining the aims.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora a realização de um exame, mini-testes e uma apresentação oral sobre um tema à escolha do aluno.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):
The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates the realization of an exam, mini-tests, and an oral presentation about a topic on the choice of the student.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs and exercises. In this way, we hope to increase the knowledge of the students in the target subjects.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
* *Probability: theory and examples*, DURRET, R., 2019, 5th edition. Cambridge University Press;
* *A Course in Probability Theory*, CHUNG, K. L., 1974, 2nd ed. New York, Academic Press;
* *Probability*, SHIRYAYEV, A. N., 1984, Springer-Verlag, New York;
* *Probability Theory*, VARADHAN, S.R.S., 2001, New York, Courant Institute of Mathematical Sciences.

Anexo II - Cálculo Diferencial e Integral III

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Cálculo Diferencial e Integral III

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Differential and Integral Calculus III

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
MatGer

9.4.1.3. Duração:
Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:
168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):*ist12881, Luís Manuel Gonçalves Barreira, 0.0***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***ist13224, Jorge Filipe Drumond Pinto da Silva, 56h***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Domínio de:*

- *Resolução de equações diferenciais ordinárias elementares; resolução de equações e sistemas de equações diferenciais lineares.*
- *Propriedades de existência, unicidade e dependência contínua de soluções de equações diferenciais ordinárias.*
- *Teoremas de Gauss e de Stokes, propriedades gerais de divergência e rotacional de campos vectoriais, e aplicações.*
- *Resolução de equações diferenciais parciais de 1ª e 2ª ordem lineares elementares.*
- *Propriedades gerais e convergência de séries de Fourier, transformação de Fourier e aplicações.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:*Mastering of:*

- *Resolution of elementary ordinary differential equations; resolution of equations and systems of linear differential equations.*
- *Properties of existence, uniqueness and continuous dependence of solutions of ordinary differential equations.*
- *Gauss and Stokes theorems, general properties of the divergence and curl of vector fields, and applications.*
- *Resolution of elementary linear partial differential equations of 1st and 2nd order.*
- *General properties and convergence of Fourier series, Fourier transform and applications.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs): exemplos de EDOs de primeira ordem resolúveis, fatores de integração; existência, unicidade e dependência contínua de soluções de sistemas de EDOs de primeira ordem; fórmula de variação das constantes; EDOs de ordem > 1; transformação de Laplace e aplicações a EDOs.

Teoremas de Gauss e de Stokes e introdução a Equações Diferenciais Parciais (EDPs): superfícies em R^3 ; integrais de superfície de campos escalares e de campos vectoriais;

Teoremas de Gauss e de Stokes; divergência e rotacional de campos vectoriais; obtenção das equações diferenciais de continuidade, onda, calor, Laplace e Poisson.

EDPs e séries de Fourier: EDPs lineares de 1ª ordem; equações de onda, calor, Laplace e Poisson; séries de Fourier trigonométricas; soluções das equações de onda, calor, Laplace e Poisson, via separação de variáveis e séries de Fourier; transformação de Fourier e aplicações.

9.4.5. Syllabus:

Ordinary Differential Equations (ODEs): examples of solvable 1st order ODEs, integrating factors; existence, uniqueness and continuous dependence of solutions of systems of 1st order ODEs; variation of constants formula; ODEs of order > 1; Laplace transform and applications to ODEs.

Gauss and Stokes theorems and introduction to Partial Differential Equations (PDEs): surfaces in R^3 ; surface integrals of scalar and vector fields; Gauss and Stokes theorems; divergence and curl of vector fields; derivation of the continuity, wave, heat, Laplace and Poisson differential equations.

PDEs and Fourier series: linear 1st order PDEs; wave, heat, Laplace and Poisson equations; trigonometric Fourier series; solutions of the wave, heat, Laplace and Poisson equations, via separation of variables and Fourier series;

Fourier transform and applications.

- 9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de equações diferenciais e séries de Fourier. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas inter-relações, à colocação de problemas bastante variados cuja resolução requer o envolvimento e combinação de uma forma criativa de ferramentas técnicas e analíticas.
- 9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.
The course content corresponds to concepts and techniques of differential equations and Fourier series. Besides the acquisition of this knowledge, this subject matter lends itself in a natural way, via the combination of the different topics involved and their relationships, to posing a wide range of problems whose resolution requires the usage and combination in a creative way of technical and analytic tools.
- 9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua e/ou provas orais para classificações maiores de 17 valores.
- 9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):
The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, possibly with minimum grade, complemented with continuous evaluation components and oral evaluation for grades above 17 (out of 20).
- 9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa da parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em contextos diferenciados.
- 9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
The setting and resolution of problems, the developing of autonomous work, and an active learning procedure on the part of the student, are not possible without the acquisition of a solid and dynamic control of the concepts and techniques which are part of the syllabus, having the capacity to relate them, and subsequently apply them in differentiated contexts.
- 9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
 * *Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems, Boyce and Di Prima, 2013, 10th ed Wiley.*
 * *Vector Calculus, Marsden and Tromba, 2012, 6th ed Freeman.*
 * *Análise Complexa e Equações Diferenciais, Luís Barreira, 2019, 4ª ed. IST Press.*
 * *Introdução à Análise Complexa, Séries de Fourier e Equações Diferenciais, Pedro Girão, 2018, 2ª ed. IST Press.*
 * *Métodos de Resolução de Equações Diferenciais e Análise de Fourier com Aplicações, Luís Magalhães, 2013 DM-IST.*
 * *Análise de Fourier e Equações Diferenciais Parciais, Djairo Figueiredo, 2012, 4ª ed IMPA.*
 * *Cálculo Diferencial e Integral em R^n , Gabriel Pires, 2016, 3ª ed. IST Press.*
 * *Integrais em Variedades, Luís T. Magalhães, 1993, 2ª ed. Texto Editora.*
 * *Exercícios de Análise Complexa e Equações Diferenciais, Luís Barreira e Claudia Valls, 2010, 2ª ed. IST Press.*
 * *Exercícios de Cálculo Integral em R^n , Gabriel Pires, 2018, 2ª ed. IST Press.*

Anexo II - Matemática Experimental

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Matemática Experimental

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Experimental Mathematics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
ANAA

9.4.1.3. Duração:***Semestral*****9.4.1.4. Horas de trabalho:*****168.0*****9.4.1.5. Horas de contacto:*****56.0*****9.4.1.6. ECTS:*****6.0*****9.4.1.7. Observações:*****<sem resposta>*****9.4.1.7. Observations:*****<no answer>*****9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):*****ist13212, Juha Hans Videman, 56h*****9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:*****<sem resposta>*****9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Aprendizagem da linguagem de programação Mathematica através do estudo, numa perspectiva experimental, de algoritmos no âmbito da teoria elementar dos números e da álgebra computacional.*****9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:*****Introduction to programming in Mathematica® based on the study of basic algorithms of elementary number theory, mathematical analysis and linear algebra from an experimental perspective.*****9.4.5. Conteúdos programáticos:*****Problema de Collatz. Divisibilidade. Números primos. Testes de primalidade. Números perfeitos. Números de Mersenne. Algoritmo de Euclides. Crivo de Eratóstenes. Sucessão de Fibonacci. Frações contínuas. Aritmética modular. Equações de Diofanto. Representação de números em computador. Mudanças de base. Algoritmo de Horner. Métodos de aproximação de raízes de equações não lineares. Classificação de pontos fixos.*****9.4.5. Syllabus:*****Collatz problem. Divisibility. Prime numbers. Primality tests. Perfect numbers. Mersenne numbers. Euclid's algorithm. Sieve of Eratosthenes. Fibonacci numbers. Continued fractions. Modular arithmetic. Diophantine equations. Representation of integer and real numbers on computer. Base conversions. Horner's algorithm. Methods for the approximation of roots of nonlinear equations. Classification of fixed points.*****9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular*****Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos da teoria elementar dos números e da álgebra computacional e visam a compreensão do sistema Mathematica através de exemplos e resolução de exercícios. A matéria lecionada permite ao aluno adquirir conhecimentos e competências necessárias para ser bem sucedido no seu percurso académico.*****9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.*****The course covers the main topics in elementary number theory and computational algebra, fitting the purpose of leading to an understanding of Mathematica through examples and problem solving. The course supplies the necessary tools for a successful academic path.*****9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):*****As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos,***

reforçando-se a componente prática, a aprendizagem ativa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua (75%). Trabalhos computacionais com discussão oral (25%). Exame oral para notas finais iguais ou superiores a 18.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, subject to a minimum grade, complemented with continuous evaluation components (75%). Computational works with oral discussion (25%). Oral exams for students with grades greater than or equal to 18.

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

A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas no laboratório de computação. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

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

The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lab classes. This enables the fulfillment of the course objectives and provides the necessary programming background.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * Matemática Experimental, J. Videman, 2019, Apontamentos das aulas;***
- * Matemática Experimental, M. Graça e P. L. Lima, 2006, IST Press;***
- * Introdução à Programação em Mathematica, J. Carmo, A. Sernadas, C. Sernadas, F. Dionísio, C. Caleiro, 2004, 2ª Ed., IST Press.***

Anexo II - Álgebra Linear

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Álgebra Linear

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Linear Algebra

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MatGer

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12816, José Manuel Vergueiro Monteiro Cidade Mourão, 56H

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

<sem resposta>

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

Domínio do cálculo matricial e de métodos para resolver sistemas de equações lineares. Domínio de espaços vetoriais e de transformações lineares. Estudar formas canónicas de matrizes, valores e vetores próprios e valores singulares. Estudar exemplos de aplicações.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Master matrix calculus and methods for solving systems of linear equations. Learn about vector spaces and linear transformations. Study canonical forms of matrices, eigenvectors, eigenvalues and singular values. Study applications of the previous subjects.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Métodos de eliminação de Gauss e Gauss-Jordan. Aplicação à solução de sistemas lineares. Matrizes. Matrizes inversas. Determinantes.

Definição e exemplos de espaços vetoriais. Conjuntos linearmente independentes.

Transformações Lineares. Núcleo e imagem de uma transformação linear. Espaço de soluções de uma equação linear. Valores e vetores próprios. Multiplicidade algébrica e geométrica. Forma canónica de Jordan. Exemplos de aplicações (e.g. sistemas de equações diferenciais ordinárias lineares com coeficientes constantes, estabilidade de sistemas dinâmicos lineares, cadeias de Markov, algoritmo de PageRank).

Definição de produto interno. Ortogonalização de Gram-Schmidt. Método dos quadrados mínimos.

Teorema espectral. Transformações ortogonais, unitárias, hermitianas. Decomposição em valores singulares de uma transformação entre espaços euclidianos. Classificação das formas quadráticas reais.

9.4.5. Syllabus:

Gauss and Gauss-Jordan elimination applied to the solution of linear systems. Matrices, inverse matrices and determinants.

Definition and examples of vector spaces. Linearly independent sets.

Linear transformations. Nullspace (kernel) and range of a linear transformation. Solution space of a linear equation.

Eigenvectors and eigenvalues. Algebraic and geometric multiplicity of an eigenvalue. Jordan canonical form.

Applications (e.g. systems of linear ordinary differential equations with constant coefficients, stability of linear dynamical systems, Markov chains, PageRank algorithm).

Inner product spaces. Gram-Schmidt orthogonalization. The least squares method.

Spectral theorem. Orthogonal, unitary and hermitean linear transformations. Singular value decomposition of a linear transformation between euclidean spaces. Classification of quadratic forms.

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

Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de Álgebra Linear. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas interligações, à formulação de problemas bastante variados cuja resolução requer a utilização de ferramentas de álgebra linear de uma forma criativa.

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

The topics to be covered correspond to concepts and methods of Linear Algebra. Besides learning those topics the student is encouraged to use a combination of different methods and of their interrelations to formulate problems whose solution requires the creative application of tools from Linear Algebra.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua e/ou provas orais para classificações maiores de 17 valores.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, possibly with minimum grade, complemented with continuous evaluation components and oral evaluation for grades above 17 (out of 20).

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa por parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em diferentes contextos.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
The formulation and solution of problems, the practice of autonomous work and active learning by the student imply that he has acquired throughout the course a solid and dynamic understanding of the concepts and techniques taught, being able to relate and use them in different contexts.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * *Linear Algebra and its applications, D. Lay, S. Lay, and J. McDonald, 2016, (5th edition), Pearson Education.;*
- * *Linear Algebra, J. Hefferon, 2017, (3rd edition), Saint Michael's College;*
- * *Álgebra Linear como Introdução à Matemática Aplicada, L. Magalhães, 1998, (8ª edição), Texto Editora;*
- * *Introduction to Linear Algebra, G. Strang, 2016, (5th edition), Wellesley-Cambridge Press;*
- * *Linear Algebra, S. Friedberg, A. Insel and L. Spence, 2003, (4th edition), Pearson Education.*

Anexo II - Seminário e Monografia

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Seminário e Monografia

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Seminar and Monography

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
CT

9.4.1.3. Duração:
Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:
84.0

9.4.1.5. Horas de contacto:
7.0

9.4.1.6. ECTS:
3.0

9.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:
<no answer>

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):
ist13234, Leonor Pires Marques de Oliveira Godinho, 0h

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:
Esta disciplina funciona em regime tutorial e cada aluno pode escolher o seu orientador de seminário e monografia dentro do Departamento Matemática.

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Adquirir cultura específica da área da Matemática

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

General knowledge of Mathematics

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Seminários sobre tópicos fundamentais de Matemática incluindo História da Matemática

9.4.5. Syllabus:

Seminars covering fundamental topics of Mathematics including History of Mathematics

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

Os temas propostos aos alunos vão ao encontro dos objectivos da UC.

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

The topics proposed to the students are chosen according to the goals of this CU.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Metodologias de Ensino: A UC funciona em regime tutorial. O aluno encontra-se regularmente com o seu orientador ao longo do semestre.

Avaliação: Avaliação contínua, relatório escrito e apresentação de seminário.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Teaching methodologies: The student meets his advisor regularly during the semester.

Evaluation: Assessment during the course, written report and seminar presentation.

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

Esta metodologia de ensino permite que aluno adquira os conhecimentos de base necessários para estudar e trabalhar no tema proposto.

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

The teaching methodology allows the fulfillment of the intended learning outcomes, as well as the leveling of the knowledge of students with different backgrounds and formations.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Variável (de acordo com os temas propostos).

Anexo II - Introdução à Geometria**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Introdução à Geometria

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Geometry

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

Geom

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

9.4.1.6. ECTS:
6.0

9.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:
<no answer>

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):
ist13234, Leonor Pires Marques de Oliveira Godinho, 56h

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:
<sem resposta>

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Apresentar a geometria euclidiana e geometrias não-euclidianas como modelos geométricos fundamentais que interagem com outras áreas, estimulando o raciocínio de cariz geométrico.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:
Present Euclidean geometry and non-Euclidean geometries as fundamental models interacting with other areas, stimulating geometric thinking and reasoning.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Geometria Afim: Espaços e aplicações afins; Teoremas de Tales, de Pappus e de Desargues.*
2. *Geometria Euclidiana: Espaços euclidianos; isometrias; grupo ortogonal; classificação das isometrias de R^2 e R^3 ; subgrupos finitos de isometrias de R^2 – Teorema de Leonardo; simetrias e congruências.*
3. *Geometria Projectiva: Espaços e transformações projectivas; referenciais e coordenadas homogéneas; dualidade; classificação de cónicas projectivas e afins.*
4. *Geometria Elíptica: Esfera S^2 - rectas; triângulos esféricos; isometrias. Plano Elíptico P^2 – isometrias. Esfera de Riemann - projecção estereográfica; circunferências, isometrias e inversões.*
5. *Geometria Hiperbólica: Modelos do plano hiperbólico; transformações de Möbius; rectas e triângulos hiperbólicos; classificação de isometrias.*

9.4.5. Syllabus:

1. *Affine Geometry: Affine spaces and transformations; Thales, Pappus and Desargues theorems.*
2. *Euclidean Geometry: Euclidean spaces; isometries; orthogonal group; classification of isometries of the Euclidean plane and space. Finite subgroups of plane isometries – Leonardo Theorem; symetries and congruences.*
3. *Projective Geometry: Projective spaces and transformations; frames and homogeneous coordinates; duality; classification of affine and projective conics.*
4. *Elliptic Geometry: The sphere S^2 – lines; spherical triangles; isometries. Elliptic Plane P^2 – isometries. Riemann Sphere - stereographic projection; circles, isometries and inversions.*
5. *Hyperbolic Geometry: Models of the hyperbolic plane; Möbius transformations; hyperbolic lines and triangles; classification of isometries.*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Estudo de tópicos importantes de geometria, apropriados para uma primeira disciplina nesta área. O programa inclui conceitos e modelos e métodos básicos em geometria, importantes num estudo mais aprofundado nesta área. Esta disciplina é pois uma base para a disciplinas mais avançadas em geometria.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.
The study of important topics of geometry that are appropriate for a first course on the subject. The syllabus of the course includes important concepts and basic models and methods, required for further study in this area. The course is thus a foundation for later courses in geometry.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos,

reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora uma componente de avaliação contínua nas aulas (resolução de exercícios em grupo e mini-fichas) e avaliação escrita por exame.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates In class problem solving in groups and quizzes complemented by a written final exam.

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

As metodologias de ensino levam a uma aprendizagem dos tópicos referidas nos objectivos, tanto do ponto de vista teórico (conceitos) como prático (resolução de exercícios e problemas).

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

The teaching methodologies lead to the learning of the topics listed as learning outcomes, both from a theoretical (concepts) and practical (resolution of exercises and problems) point of view.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

**** Elementary Geometry, J. Roe, 1993, Oxford University Press;***

**** Modern Geometry with Applications, G. Jennings, 1994, Springer-Verlag; Notes on geometry, E. Rees, 2000, Universitext, Springer-Verlag;***

**** Geometry and Topology, M. Reid, B. Szendroi, 2005, Cambridge University Press;***

**** Geometry, M. Audin, 2003, Universitext, Soringer-Verlag;***

**** Geometry of Surfaces, J. Stillwell, 2012, Springer-Verlag***

Anexo II - Matemática Computacional

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Matemática Computacional

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Computational Mathematics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ANAA

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist13440, Adélia da Costa Sequeira dos Ramos Silva, 56h

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

<sem resposta>

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

Compreender a limitação finita de algoritmos numéricos. Trabalhar com estimativas de erros e compreender a propagação de erros em algoritmos. Interpolar e extrapolar dados por interpolação e mínimos quadrados. Aplicar a ciências de dados e medições experimentais. Aproximar, derivar e integrar funções por métodos numéricos. Aplicar a funções não elementares. Resolver equações e sistemas não lineares por métodos numéricos. Aproximar a solução de equações diferenciais ordinárias, incluindo sistemas. Aproximar a solução de problemas com equações diferenciais parciais. Desenvolver projectos computacionais elementares. Aplicar a diversos problemas de engenharia e de visualização gráfica.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Understand the finite limitations of numerical algorithms. Work with error estimates and understand error propagation in algorithms. Interpolate and extrapolate data also using least squares, and application to data science and experimental measurements. Approximate, derive and integrate functions by numerical methods. Solve equations and nonlinear systems by numerical methods. Approximate the solution of ordinary differential equations, including systems.

Approximate the solution of some problems with partial differential equations.

Develop and present elementary computational projects.

Apply the theory to engineering and computational problems.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Representação numérica e introdução ao MATLAB (ou Python).

Erros e Condicionamento.

Interpolação e extrapolação de dados. Método de Mínimos Quadrados - Projecção L2 discreta.

Equações unidimensionais - Métodos da Secante e de Newton.

Integração e Equações Diferenciais Ordinárias – Métodos de Euler, Runge-Kutta e adaptativos.

Sistemas de Equações Lineares e Não Lineares – Métodos de Ponto Fixo, Newton.

Diferenciação e integração numéricas - caso geral e elementar (várias variáveis).

Equações com Derivadas Parciais – Diferenças Finitas, Splines e Elementos Finitos.

9.4.5. Syllabus:

Numeric representation and introduction to MATLAB (or Python). Errors and Conditioning.

Data interpolation and extrapolation. Least Squares Method - Discrete L2 projection.

One-dimensional equations - Secant and Newton methods.

Numerical Integration and Ordinary Differential Equations - Taylor and Runge-Kutta and adaptive methods.

Systems of Linear and Nonlinear Equations - Fixed Point Methods, Newton.

Numerical differentiation and integration - general and elementary case (several variables).

Partial Differential Equations - Finite Differences, Splines and Finite Elements.

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

Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de métodos e algoritmos numéricos. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas inter-relações, à colocação de problemas bastante variados cuja resolução requer o envolvimento e combinação de uma forma criativa de ferramentas técnicas e analíticas.

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

The course content corresponds to concepts and techniques of numerical numerics and algorithms. Besides the acquisition of this knowledge, this subject matter lends itself in a natural way, via the combination of the different topics involved and their relationships, to posing a wide range of problems whose resolution requires the usage and combination in a creative way of technical and analytic tools.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame (50%) e Trabalhos computacionais (50%), sujeitos a nota mínima. Eventual necessidade de discussão oral dos trabalhos, requerida para notas finais iguais ou superiores a 18.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical

component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates Exam (50%) and Computational Projects (50%), subject to minimum grades. An oral discussion of the computational project may be required and is mandatory for students with grades greater than or equal to 18.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular. A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa da parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em contextos diferenciados.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes. The setting and resolution of problems, the developing of autonomous work, and an active learning procedure on the part of the student, are not possible without the acquisition of a solid and dynamic control of the concepts and techniques which are part of the syllabus, having the capacity to relate them, and subsequently apply them in differentiated contexts.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

** Scientific Computing with MATLAB and Octave, A. Quarteroni, F. Saleri, P. Gervasio, 2014, 4th ed, Springer;*

** Cálculo Científico com o MatLab e o Octave, A. Quarteroni, F. Saleri, 2007, Springer;*

** Numerical Methods for Engineers, S. Chapra, R. Canale, 2009, 6th ed., MacGraw Hill;*

** Numerical Analysis, R. L. Burden, J. D. Faires, 2004, 8th ed., Brooks Cole.*

Anexo II - Termodinâmica e Física Estatística

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Termodinâmica e Física Estatística

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Thermodynamics and Statistical Physics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FBas

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12454, João Pedro Saraiva Bizarro, 49h

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

<sem resposta>

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

Geral: *Prever quantitativamente as consequências de uma variedade de fenómenos com ferramentas de cálculo.*

Garantir formação científica avançada e profunda num dos domínios fundamentais da Física que permita abordagens de inovação disciplinares ou interdisciplinares.

Específico: *Compreensão dos conceitos, princípios básicos e fenomenologia da Termodinâmica e da Física Estatística e capacidade de os aplicar à resolução de problemas, nomeadamente no que respeita às suas aplicações tecnológicas.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

General: *Predict quantitatively the consequences of a variety of physical phenomena with analysis tools. Ensure advanced and in-depth scientific training in one of the fundamental domains of Physics that allows disciplinary or interdisciplinary approaches to innovation.*

Specific: *Understanding the concepts, basic principles and phenomenology of Thermodynamics and of its microscopic interpretation (via Statistical Physics and Kinetic Theory) and ability to apply them to problem solving, namely in what concerns their technological applications.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

1.Sistema termodinâmico:*funções de estado; trabalho/calor; capacidade calorífica, calores específico e latente; estados da matéria e transições de fase; temperatura; transmissão de calor(convecção, condução e radiação); equação de difusão do calor.*

2.Física estatística e termodinâmica: *entropia e 'desordem'; postulados; distribuição de Boltzmann; distribuição de velocidades de Maxwell; T. da equipartição; calores específicos das moléculas poliatómicas.*

3.Teoria cinética dos gases: *gás perfeito; temperatura e en. cinética; calores específicos a volume e pressão ctes; calor específico dos sólidos; gás de Van der Waals.*

4.Termodinâmica axiomática: *energia e entropia; leis da termodinâmica; processos reversíveis e irreversíveis;máquinas térmicas.*

5.Radiação de corpo negro: *catástrofe do ultravioleta; leis de Wien e Stefan; lei de Planck e efeito fotoelétrico.*

6.Estatísticas Quânticas: *fermiões e bosões; princípio de Pauli.*

9.4.5. Syllabus:

1. Thermodynamic system: *state functions; work and heat; heat capacity, specific and latent heats; states of matter and phase transitions; temperature; heat transmission (convection, conduction and radiation); heat diffusion equation.*

2. Statistical physics and thermodynamics: *entropy and 'disorder'; postulates of statistical physics; Boltzmann's distribution; Maxwell's velocity distribution; equipartition theorem; specific heats of polyatomic molecules.*

3. Kinetic theory of gases: *perfect gas; kinetic energy and temperature; specific heats at constant volume and pressure; specific heat of solids; Van der Waals gas.*

4. Axiomatic thermodynamics: *energy and entropy; the laws of thermodynamics; reversible and irreversible processes; thermodynamic potentials; heat engines.*

5. Blackbody radiation: *ultraviolet catastrophe; Wien's and Stefan's laws; Planck's law and photoelectric effect.*

6. Quantum statistics: *fermions and bosons; Pauli's principle.*

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos acima qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

Taking into account the objectives of the course described above, it is possible to observe that all the topics described aim at giving the students the knowledge and the skills for attaining the aims.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.)

compatible with the significant reduction of evaluation by exams ($\leq 50\%$).

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos quer teóricos, quer práticos através da utilização intensiva de exemplos. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs and exercises. In this way, we hope to increase the knowledge of the students in the target subjects.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

** Physics for Global Scientists and Engineers" (vols 1 and 2), Serway, Jewett, Wilson, Wilson and Rowlands 2017 ISBN10: 1-4737-5721-5;*

** Physics for Scientists and Engineers", R. A. Serway, J. W. Jewett 2004 ISBN: 0-53-440842-7;*

** Fundamentals of Statistical and Thermal Physics", F. Reif 2009, ISBN-13: 978-1577666127;*

** Concepts in Thermal Physics": Blundell and Blundell 2009, Oxford University Press, ISBN: 9780199562107.*

Anexo II - Eletromagnetismo e Óptica

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Eletromagnetismo e Óptica

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Electromagnetism and Optics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FBas

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist23437, Gonçalo Nuno Marmelo Foito Figueira, 49h

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

<sem resposta>

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

Geral: Prever quantitativamente as consequências de uma variedade de fenómenos com ferramentas de cálculo.

Garantir formação científica avançada e profunda num dos domínios fundamentais da Física que permita abordagens

de inovação disciplinares ou interdisciplinares.

Específico: Compreensão dos conceitos, princípios básicos e fenomenologia do Eletromagnetismo e da Óptica. Compreensão através da fenomenologia da história da síntese das equações de Maxwell para o campo electromagnético e da perspectiva integradora das equações de Maxwell; capacidade de aplicar os conceitos do Electromagnetismo e da Óptica à resolução de problemas, nomeadamente no que respeita às suas aplicações tecnológicas.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

General: Quantitatively predict the consequences of a variety of physical phenomena with calculatory tools. Ensure advanced and thorough scientific training in a fundamental field of Physics, hence allowing for disciplinary or interdisciplinary approaches to innovation.

Specific: Ability to understand and interconnect the concepts and basic principles of Electromagnetism and Optics, to understand how the history of how Maxwell's equations for the electromagnetic field have emerged and the integrative perspective of Maxwell's equations; ability to apply the concepts of to problem solving, particularly in what concerns their technological applications.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Eletrostática: lei de Coulomb; campo eletrostático; princípio de sobreposição; campo e potencial; dipolo elétrico; lei de Gauss; capacidade e condensadores; dielétricos e polarização; energia elétrica.*
2. *Corrente el. estacionária: densidade e intensidade de corrente; continuidade da carga; leis de Ohm, Joule e Kirchhoff.*
3. *Magnetostática: campo magnético; leis de Biot-Savart e Ampère; força de Lorentz; fluxo magnético; coefs. de indução e bobinas; magnetização; energia magnética.*
4. *Campo eletromagnético variável e aplicações: indução e lei de Faraday; transformadores, motores e geradores elétricos; corrente de deslocamento; energia e.m.; circuitos RC, RL e RLC.*
5. *Eqs. Maxwell e ondas e.m.: ondas planas monocromáticas; energia e intensidade.*
6. *Ótica: caráter e.m. da luz; dispersão, polarização, reflexão, interferência e difração; óptica geométrica, reflexão e refração; equações de Fresnel e princípio de Fermat.*

9.4.5. Syllabus:

1. *Electrostatics: Coulomb's law; electrostatic field; superposition principle; field and potential; electric dipole; Gauss's law; capacity and capacitors; dielectrics and polarization; electric energy.*
2. *Stationary electric current: current intensity and density; equation for charge continuity; Ohm, Joule and Kirchhoff laws.*
3. *Magnetostatics: magnetic field; Biot-Savart and Ampère laws; Lorentz force; magnetic flux; induction coefficients and coils; magnetization; magnetic energy.*
4. *Variable electromagnetic field and applications: induction and Faraday's law; electric transformers, motors and generators; displacement current; e.m. energy; RC, RL and RLC circuits.*
5. *Maxwell's equations and e.m. waves: monochromatic plane waves; wave energy and intensity.*
6. *Optics: e.m. character of light; dispersion, polarization, reflection, interference and diffraction; geometric optics, reflection and refraction; Fresnel equations and Fermat's principle.*

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

In view of the learning objectives of the UC, described in #4, any specialist in the subject will be able to verify that all topics of the syllabus, described in #5, aim to provide students with the knowledge and skills necessary for their fulfillment and the acquisition of those objectives.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ($\leq 50\%$).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction of evaluation by exams ($\leq 50\%$).

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de demonstrações e simulações numéricas e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of demonstrations and numerical simulations and experimental work. This approach will not only fulfil the goals, but will also help to level the knowledge of students from different backgrounds.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

** Physics for Global Scientists and Engineers (vols 1 and 2), Serway, Jewett, Wilson, Wilson and Rowlands , 2017 , ISBN10: 1-4737-5721-5;*

** Physics for Scientists and Engineers, R. A. Serway, J. W. Jewett , 2004, ISBN: 0-53-440842-7*

Anexo II - Álgebra Linear Numérica

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Álgebra Linear Numérica

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Numerical Linear Algebra

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ANAA

9.4.1.3. Duração:

Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:

84.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

28.0

9.4.1.6. ECTS:

3.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist13382, Ana Leonor Mestre Vicente Silvestre, 28h

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

<sem resposta>

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

Introduzir as técnicas e algoritmos numéricos mais comuns usados para resolver com eficiência sistemas lineares de grande escala e problemas de valores próprios. Analisar tópicos como convergência, precisão, estabilidade, custo computacional e paralelização desses algoritmos.

Aplicar a teoria a diversos problemas científicos e de engenharia. Desenvolver projetos computacionais sobre o tema,

com aplicações.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Introduce the most common numerical techniques and algorithms used to efficiently solve large-scale linear systems and eigenvalue problems. Analyze topics such as convergence, accuracy, stability, computational cost and parallelization of such algorithms.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Decomposições matriciais e soluções numéricas de sistemas lineares.

Fatorização LU, QR, Cholesky, pesquisa de pivot. Decomposição em Valores Singulares (SVD). Sistemas de grande escala, sistemas lineares em banda e esparsos, paralelização, problemas de mínimos quadrados, regularização de Tikhonov.

2. Métodos iterativos para sistemas lineares

Métodos de subespaços de Krylov: método de Lanczos, método do resíduo mínimo generalizado (GMRES), método do gradiente conjugado (CG) e variantes (por exemplo, Bi-CG). Pré-condicionamento.

3. Problemas de valores e vetores próprios

Teorema de Gerschgorin. Método das potências, quociente de Rayleigh, método de Arnoldi, método de Gram-Schmidt modificado, métodos de factorização (LR e QR), reflexões de Householder e redução de Hessenberg.

9.4.5. Syllabus:

1. Matrix decompositions and numerical solutions of linear systems

LU factorization, pivoting, Cholesky factorization. QR-factorization. Singular Value Decomposition (SVD). Large-scale systems, sparse and banded linear systems, parallelization, least squares problems, Tikhonov regularization.

2. Iterative methods for linear systems

Krylov subspace methods: Lanczos method, Generalized Minimal Residual Method (GMRES), Conjugate Gradient method (CG) and variants (e.g. Bi-CG). Preconditioning.

3. Eigenvalue Problems

Gerschgorin Theorem. Power iteration, Rayleigh quotient iteration, Arnoldi's method, modified Gram-Schmidt method, factorization methods (LR and QR), Householder reflections and Hessenberg reduction.

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

Os pontos dos conteúdos programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias para

(i) utilizar métodos de fatorização e métodos iterativos na resolução numérica sistemas lineares;

(ii) resolver numericamente problemas de valores e vetores próprios.

São demonstrados os principais resultados de convergência e estabilidade, complementados com a implementação computacional dos algoritmos.

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

The topics covered provide the necessary knowledge for

(i) using factorization methods and iteration methods on numerical solving of linear systems of equations;

(ii) numerical solving of of eigenvalues and eigenvectors problems.

the main convergence and stability results are proved and complemented by the implementation of computational algorithms.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projetos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem ativa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua (75%). Trabalhos computacionais (25%). Eventual necessidade de discussão oral dos trabalhos, requerida para notas finais iguais ou superiores a 18.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, subject to a minimum grade, complemented with continuous evaluation components (75%). Computational projects (25%). An oral discussion of the computational projects may be required and is mandatory for students with grades greater than or equal to 18.

- 9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.**
A metodologia de ensino baseia-se na transferência de conceitos teóricos e práticos, através da utilização intensiva de aulas de demonstração e de problemas, e na realização de trabalhos computacionais. O método de avaliação contempla a vertente teórica do curso e a aplicação dos métodos estudados a problemas reais cuja modelação matemática inclui a resolução de sistemas lineares e determinação de valores e vectores próprios.
- 9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.**
The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs, exercises and computational projects. Evaluation contemplates the theoretical concepts as well as the application of the methods studied to real problems whose mathematical modeling involves solving linear systems of equations and finding eigenvalues and eigenvectors.
- 9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**
* *Matrix Computations, Gene H. Golub and Charles F. Van Loan, 2012, 4th ed, Johns Hopkins University Press;*
* *Numerical Linear Algebra, Lloyd N. Trefethen and D. Bau, 1997, SIAM;*
* *Numerical Linear Algebra and Applications, Biswa Nath Datta, 2010, 2nd ed., SIAM; <https://my.siam.org/Store/Product/viewproduct?ProductId=1016>;*
* *Numerical Linear Algebra: Theory and Applications, Larisa Beilina, Evgenii Karchevskii, Mikhail Karchevskii, 2017, Springer.*

Anexo II - Complementos de Probabilidade

9.4.1.1. Designação da unidade curricular: *Complementos de Probabilidade*

9.4.1.1. Title of curricular unit: *Complements of Probability*

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere: *PE*

9.4.1.3. Duração: *Semestral*

9.4.1.4. Horas de trabalho: *84.0*

9.4.1.5. Horas de contacto: *28.0*

9.4.1.6. ECTS: *3.0*

9.4.1.7. Observações: *<sem resposta>*

9.4.1.7. Observations: *<no answer>*

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo): *ist426915, Ana Patricia Carvalho Gonçalves, 28h*

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular: *<sem resposta>*

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

O objetivo da disciplina consiste em expôr os alunos à teoria da probabilidade, mais precisamente a: espaços de probabilidade, variáveis e vetores aleatórios, funções de probabilidade, distribuições, medidas induzidas; funções de variáveis e de vetores aleatórios; independência estocástica; integração e esperança matemática; e finalmente, uma introdução a diferentes tipos de convergência de sucessões de variáveis aleatórias.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The goal of this course consists in exposing the students to probability theory, more precisely to: probability spaces, random variables and random vectors, probability functions, distribution functions, induced measures; functions of random variables and random vectors; stochastic independence; integration and mathematical expectation, and finally, na introduction to different types of convergence of sequence of random variables.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Espaços de probabilidade. Variáveis aleatórias: operações e transformações de variáveis aleatórias; tipos de variáveis aleatórias, funções de probabilidade e funções de distribuição, medida induzida, decomposição. Vetores aleatórios. Independência estocástica: eventos independentes; funções de variáveis independentes e critérios de independência. Esperança matemática: propriedades e desigualdades estocásticas. Convergência de sucessões de variáveis aleatórias: tipos de convergência e relações entre os mesmos. Lemas de Borel-Cantelli. Leis dos grandes números.

9.4.5. Syllabus:

Probability spaces. Random variables: operations and transformations of random variables; different types of random variables, probability functions and distribution functions, induced measure, decomposition. Random vectors. Stochastic independence: independent events; functions of independent random variables and independence criteria. Mathematical expectation: properties and stochastic inequalities. Convergence of sequences of random variables: different types of convergence and relation between them. Borel-Cantelli Lemmas. Laws of Large Numbers.

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

Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, é possível constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessários ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

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

Taking into account the objectives of the course described in 4, it is possible to observe that all the topics described in 5 aim at giving the students the knowledge and the skills for attaining the aims.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação consiste na realização de testes nas aulas.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model consists in the realization of in class tests.

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

A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da apresentação de resultados teóricos e respetivas demonstração bem como da resolução de exercícios práticos sobre a matéria a reter. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.

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

The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs and exercises. In this way, we hope to increase the knowledge of the students in the target subjects.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * Probability: theory and examples, DURRET, R., 2019, 5th edition, Cambridge University Press;*
- * A Course in Probability Theory, CHUNG, K. L., 1974, 2nd ed. New York, Academic Press;*
- * Probability, HIRYAYEV, A. N. , 1984, New York, Springer-Verlag;*
- * Probability Theory, VARADHAN, S.R.S., 2001, New York, Courant Institute of Mathematical Sciences.*

Anexo II - Introdução à Computabilidade e Complexidade**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Introdução à Computabilidade e Complexidade***9.4.1.1. Title of curricular unit:***Introduction to Computability and Complexity***9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***LogCom***9.4.1.3. Duração:***Semestral***9.4.1.4. Horas de trabalho:***252.0***9.4.1.5. Horas de contacto:***70.0***9.4.1.6. ECTS:***9.0***9.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***9.4.1.7. Observations:***<no answer>***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***ist12466, Maria Cristina De Sales Viana Seródio Sernadas, 70h***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***<sem resposta>***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Perceber os Teoremas da Incompletude de Godel. Entender os limites do que é computável na teoria e na prática. Dominar os conceitos, técnicas e resultados fundamentais da teoria da computabilidade. Conhecer diversos modelos de computação e entender a sua equivalência. Conhecer as noções básicas da complexidade de Kolmogorov.***9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:***Understand Godel Incompleteness Theorems. Perceive the limits of what is computable in theory and in practice. Master the concepts, techniques and main results of Computability Theory. Get acquainted with different models of computation and understand their equivalence. Know the basics of Kolmogorov complexity.***9.4.5. Conteúdos programáticos:***Aplicações computáveis à Godel. Lema de Cantor. T. de Church e Godel-Rosser. Teoria apropriada e coerente omega. T. da pseudo-representabilidade da derivação. Requisitos HBL. Provabilidade como operador modal. Teorema do pt fixo e de Lob. 2º Teorema da Incompletude de Godel. Função universal e universal própria. Índices. T. de Rice, Rice-Shapiro e Rice-Shapiro-McNaughton-Myhill. Computação com oráculos. Função computável face a um conj. finito de oráculos. Operador computável. Preservação da computabilidade de funções por operador computável. Operador finitário e monótono. Critério de Myhill-Shepherdson. Teorema do ponto fixo de Kleene. Categorias das funções binárias computáveis. Teoremas de Rogers e da recursão. Redutibilidade m. Graus decidíveis. Conjuntos efectivamente não listáveis, produtivos e completos m. Máquina de Turing e redutibilidade T. Complexidade de Kolmogorov para funções e conjuntos listáveis com um conjunto finito de oráculos.***9.4.5. Syllabus:***Godel computable maps. Cantor's Lemma. Church and Godel-Rosser Theorems. Appropriate and omega consistent*

theory. Pseudo-representability of derivation, HBL requirements. Provability as a modal operator. Fixed-point and Lob's Theorems. Godel's Second Incompleteness Theorem. Universal and proper universal function. Indices. Rice, Rice-Shapiro and Rice-Shapiro-McNaughton-Myhill Theorems. Computation with oracles. Computable operator. Preservation of computability by computable operators. Finitary and monotonic operators. Myhill-Shepherdson's criterion. Kleene's Fixed Point Theorem, Category of binary computable functions. Rogers' and Recursion Theorems. m-Reducibility. Decidable degrees. Effectively non-listable, productive and m-complete sets. Turing machine and Turing reducibility. Kolmogorov complexity for functions and listable sets with a finite set of oracles.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.
Taking into account the objectives of the course described in 4, it is possible to observe that all the topics described in 5 aim at giving the students the knowledge and the skills for attaining the aims.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes complementado com componente de avaliação contínua.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):
The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/testes complementado com componente de avaliação contínua.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos, resultados e aplicações através da utilização intensiva de aulas de demonstração e exercícios. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como aprofundar os conhecimento dos estudantes.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.
The strategy is to provide the concepts, results, techniques and applications through intensive lectures and classes involving proofs and exercises. In this way, we hope to increase the knowledge of the students in the target subjects.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
** A Mathematical Primer on Computability, A. Sernadas, C. Sernadas, J. Rasga and J. Ramos, 2018, College Publications*

Anexo II - Complementos de Estatística

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Complementos de Estatística

9.4.1.1. Title of curricular unit:
Complements of Statistics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:
PE

9.4.1.3. Duração:
Semestral

9.4.1.4. Horas de trabalho:
168.0

9.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

9.4.1.6. ECTS:

6.0

9.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

9.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist13196, Isabel Maria Alves Rodrigues, 56h

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

<sem resposta>

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

O objetivo principal desta unidade curricular é transmitir uma base sólida de conhecimentos em estatística desenvolvendo as capacidades de raciocínio abstracto e trabalho autónomo, que permitem prosseguir o estudo de tópicos especializados bem como o desenvolvimento de trabalho futuro envolvendo a teoria das probabilidades, estatística e suas aplicações. Resolver problemas reais usando o conhecimento acumulado neste curso: projetos computacionais em R.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The main objective of this course is to transmit a solid knowledge base in statistics developing the skills of abstract reasoning and autonomous work, which allow the subsequent study of specialized topics as well as the development of future work involving probability theory, statistics and their applications. Solve real problems using the knowledge accumulated in this course: computational projects in R.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Suficiência e métodos de máxima verosimilhança: medidas de qualidade dos estimadores. Estatísticas suficientes e propriedades. Testes de razão de verosimilhanças.*
- 2. Testes de hipóteses ótimos: testes mais potentes. Testes uniformemente mais potentes. Testes de razão de verosimilhanças.*
- 3. Estatística não paramétrica e robusta: modelos de localização. Testes de localização (mediana e quantis) para uma população. Teste de simetria para uma população: Teste de Wilcoxon. Comparação de duas populações: Testes de Wilcoxon e de Wilcoxon-Mann-Whitney. Comparação de três ou mais pesquisas: teste de Kruskal-Wallis. Conceitos de estatística robusta: Funções de influência e ponto de rotura.*
- 4. Simulação estocástica: métodos de simulação de variações aleatórias. Função quantil, aceitação/rejeição e taxa de falha. Uso de simulação em testes de hipóteses, cálculo do valor-p. Técnicas de redução de variação.*

9.4.5. Syllabus:

- 1. Sufficiency and Maximum Likelihood Methods: Measures of estimator quality. Sufficient statistic and properties. Rao - Cramér lower limit and efficiency. Maximum likelihood tests.*
- 2. Optimal Testing: more powerful tests. Uniformly most powerful tests and likelihood ratio tests.*
- 3. Nonparametric and Robust Statistics: Localization Models. Localization tests (median and quantiles) for a population. Symmetry test for a population: Wilcoxon test. Comparison of two populations: Wilcoxon and Wilcoxon-Mann-Whitney tests. Comparison of three or more populations: Kruskal-Wallis test. Robust concepts: Influence function and breakdown point.*
- 4. Stochastic Simulation: Methods of simulation of random variations. Quantile function, acceptance/ rejection and failure rate. Use of simulation in hypothesis testing, p-value calculation. Variance reduction techniques.*

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

Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos da estatística e aplicações teórico-práticos da matéria leccionada permitem ao aluno rever e aprofundar conhecimentos antecedentes, bem como adquirir novos conhecimentos úteis capacitando-o, ainda, para outras aprendizagens através de pesquisa autónoma. São fornecidas as bases teóricas, os conceitos essenciais e exemplos de aplicação, solicitando-se aos alunos o estudo dos conteúdos e a resolução de exercícios de aplicação.

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

The syllabus contents cover the main topics of statistics and theoretical-practical applications of the subject taught, allowing the student to review and deepen background knowledge, as well as acquire new useful knowledge, enabling him to further learn through autonomous research. Theoretical bases, essential concepts and application examples are provided, students are asked to study the contents and solve application exercises.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora uma componente individual escrita (50% Testes/Exame com nota mínima a especificar), e trabalhos de grupo com relatório escrito e apresentação oral (50%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates a written individual evaluation (50% tests/Exam with a minimum grade to specify), and group written projects with oral presentation (50%).

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

Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos práticos permite o confronto com problemas reais.

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

Teaching methods have been designed so that students can develop comprehensive knowledge, ensuring compliance with the objectives of the course. Practical work allows confrontation with real problems.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * *Probabilidades e Estatística Volume II*, Antunes M. e Murteira, B., 2013, Escolar Editora;
- * *Introdução à Probabilidade e à Estatística*, Sílvio Filipe Velosa, S. F. e Pestana, D. D., 2008, Fundação Calouste Gulbenkian, 4ª edição;
- * *Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, Ross, S. M., 2009, Elsevier, Academic Press, 4ª edição;
- * *Simulation*, Ross, S. M., 2006, Elsevier, Academic Press, 4ª edição;
- * *Random Number Generation and Monte Carlo Methods*, Gentle, J. E., 2003, Springer, 2ª edição;
- * *Applied Nonparametric Statistical Methods*, Sprent and N.C. Smeeton, 2007, Chapman and Hall/CRC, 4ª edição;
- * *Introduction to Mathematical Statistics*, , 8ª edição, Hogg, R. V, McKean, J. W. and Craig, A. T., 2018, 8ª ed., Pearson.

9.5. Fichas curriculares de docente

Anexo III - Ana Leonor Mestre Vicente Silvestre**9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Ana Leonor Mestre Vicente Silvestre

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo III - Pedro Simões Cristina de Freitas**9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Pedro Simões Cristina de Freitas

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo III - António Manuel Pacheco Pires**9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

António Manuel Pacheco Pires

9.5.2. Ficha curricular de docente:[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Pedro Manuel Agostinho Resende****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Pedro Manuel Agostinho Resende***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Ana Patrícia Carvalho Gonçalves****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Ana Patrícia Carvalho Gonçalves***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - José Manuel Vergueiro Monteiro Cidade Mourão****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***José Manuel Vergueiro Monteiro Cidade Mourão***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Rui Miguel Loureiro Nobre Baptista****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Rui Miguel Loureiro Nobre Baptista***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Maria Margarida Martelo Catalão Lopes de Oliveira Pires Pina****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Maria Margarida Martelo Catalão Lopes de Oliveira Pires Pina***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Hugo Miguel Fragoso de Castro Silva****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Hugo Miguel Fragoso de Castro Silva***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)