

NCE/14/00906 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

Apresentação do pedido

Perguntas A1 a A4

A1. Instituição de ensino superior / Entidade instituidora:

Universidade Nova De Lisboa

A1.a. Outras Instituições de ensino superior / Entidades instituidoras:

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

Faculdade De Ciências E Tecnologia (UNL)

A3. Designação do ciclo de estudos:

Matemática

A3. Study programme name:

Mathematics

A4. Grau:

Doutor

Perguntas A5 a A10

A5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Matemática

A5. Main scientific area of the study programme:

Mathematics

A6.1. Classificação da área principal do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF):

461

A6.2. Classificação da área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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

180

A8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL-74/2006, de 26 de Março):

3 anos

A8. Duration of the study programme (art.º 3 DL-74/2006, March 26th):

3 years

A9. Número de vagas proposto:

15

A10. Condições específicas de ingresso:

Pode candidatar-se ao acesso ao Ciclo de Estudos de Doutoramento em Matemática o candidato que satisfaça pelo menos uma das condições expressas nas alíneas seguintes:

A. Possuir o grau de mestre, nacional ou estrangeiro, ou equivalente legal, com uma classificação final mínima de catorze valores.

B. Possuir o grau de licenciado, nacional ou estrangeiro, e ser detentor de um currículo escolar ou científico especialmente relevante, reconhecido pelo Conselho Científico da FCT-UNL como atestando capacidade para a realização deste ciclo de estudos.

C. Ser detentor de um currículo escolar, científico ou profissional, reconhecido pelo Conselho Científico da FCT-UNL como atestando capacidade para a realização deste ciclo de estudos.

A10. Specific entry requirements:

A candidate satisfying at least one of the conditions below can apply for access this PhD Program in Mathematics:

A. Possesses a master's degree, national or foreign, or legal equivalent. The candidate must have a minimum final grade of 14/20 values in these study cycles.

B. Possesses an undergraduate degree, national or foreign, while holding an academic or scientific curriculum that is recognized by the Scientific Council of the FCT - UNL as attesting the capability to carry out this cycle of studies.

C. Possesses an academic, scientific or professional curriculum recognized by the Scientific Council of the FCT - UNL as attesting the capacity to carry out this cycle of studies.

Pergunta A11

Pergunta A11

A11. Percursos alternativos como ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável):

Sim (por favor preencha a tabela A 11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização de mestrado ou especialidades de doutoramento)

A11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento (se aplicável)

A11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento, em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches, options, specialization areas of the master or specialities of the PhD (if applicable)

| Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento: | Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD: |
|---|--|
| Especialidade em Álgebra e Lógica | Specialty in Algebra and Logic |
| Especialidade em Análise e Geometria | Specialty in Analysis and Geometry |
| Especialidade em Investigação Operacional | Specialty in Operations Research |

A12. Estrutura curricular

Mapa I - Especialidade em Álgebra e Lógica

A12.1. Ciclo de Estudos:

Matemática

A12.1. Study Programme:

Mathematics

A12.2. Grau:

Doutor

A12.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

Especialidade em Álgebra e Lógica

A12.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

Specialty in Algebra and Logic

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

| Área Científica / Scientific Area | Sigla / Acronym | ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS | ECTS Optativos* / Optional ECTS* |
|--------------------------------------|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Álgebra e Lógica / Algebra and Logic | AL | 150 | 0 |
| Matemática / Mathematics | M | 0 | 30 |
| (2 Items) | | 150 | 30 |

Mapa I - Especialidade em Análise e Geometria

A12.1. Ciclo de Estudos:

Matemática

A12.1. Study Programme:

Mathematics

A12.2. Grau:

Doutor

A12.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

Especialidade em Análise e Geometria

A12.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

Specialty in Analysis and Geometry

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

| Área Científica / Scientific Area | Sigla / Acronym | ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS | ECTS Optativos* / Optional ECTS* |
|---|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Análise e Geometria / Analysis and Geometry | AG | 150 | 0 |
| Matemática / Mathematics | M | 0 | 30 |
| (2 Items) | | 150 | 30 |

Mapa I - Especialidade em Investigação Operacional

A12.1. Ciclo de Estudos:

Matemática

A12.1. Study Programme:

Mathematics

A12.2. Grau:

Doutor

A12.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

Especialidade em Investigação Operacional

A12.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

Specialty in Operations Research

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

| Área Científica / Scientific Area | Sigla / Acronym | ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS | ECTS Optativos* / Optional ECTS* |
|--|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Investigação Operacional / Operations Research | IO | 150 | 0 |
| Matemática / Mathematics | M | 0 | 30 |
| (2 Items) | | 150 | 30 |

Perguntas A13 e A16

A13. Regime de funcionamento:

Diurno

A13.1. Se outro, especifique:

<sem resposta>

A13.1. If other, specify:

<no answer>

A14. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

A14. Premises where the study programme will be lectured:

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

A15. Regulamento de creditação de formação e experiência profissional (PDF, máx. 500kB):

[A15_Reg_Creditação de formação_Comp_DRn7_10_01_2013.pdf](#)

A16. Observações:

Esta proposta é uma reformulação do Programa Doutoral em Matemática ministrado pelo Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. O principal objetivo desta reformulação consiste na melhoria da correlação entre as unidades curriculares oferecidas no Programa Doutoral em Matemática e as áreas de investigação do Centro de Matemática e Aplicações da Universidade Nova de Lisboa. Propõe-se

- 1) a criação da nova Especialidade em Investigação Operacional;*
- 2) a fusão da Especialidade em Álgebra e da Especialidade em Lógica e Fundamentos da Matemática (a nova designação - Especialidade em Álgebra e Lógica);*
- 3) a fusão da Especialidade em Análise Funcional, da Especialidade em Análise Numérica, da Especialidade em Equações Diferenciais e da Especialidade em Geometria (a nova designação – Especialidade em Análise e Geometria).*

Breve descrição da estrutura curricular e do processo de monitorização dos estudantes:

- 1. O aluno deverá efetuar 5 unidades curriculares, de entre as optativas, durante o primeiro ano do curso.*
- 2. O aluno deverá efetuar, no primeiro ano, a unidade curricular Seminário, na sua área da especialidade.*
- 3. A unidade curricular Seminário poderá ser avaliada apenas pela frequência, podendo também ser solicitado ao aluno que apresente um ou vários seminários sobre o seu trabalho de investigação.*
- 4. O aluno deverá obter aprovação em dois exames de qualificação. Os exames de qualificação são oferecidos duas vezes por ano nas áreas científicas do programa. Os alunos têm o prazo máximo de dois semestres a contar da data de matrícula no ciclo de estudos para realizar os exames de qualificação.*
- 5. Cada aluno deverá fazer um seminário de apresentação pública do trabalho de investigação desenvolvido e da proposta de tese entre 12 e 24 meses após a matrícula no ciclo de estudos, na presença da Comissão de Acompanhamento de Tese. (A Comissão de Acompanhamento é nomeada após aprovação na parte curricular, e nos exames de qualificação. Esta consistirá dos orientadores de cada aluno, juntamente com dois docentes externos à FCT/UNL, especialistas na área, devendo acompanhar o aluno até ao momento da submissão da tese.)*

A16. Observations:

This proposal is a reformulation of the Doctoral Program in Mathematics taught by the Mathematical Department of the Faculty of Sciences and Technology of the New (Nova) University of Lisbon. The main aim of this proposal consists in improving the correlation between the courses offered in the Doctoral Program in Mathematics and the research areas of the Center for Mathematics and Applications of the New (Nova) University of Lisbon. We propose

- 1) the creation of the new Specialty in Operations Research;*
- 2) the consolidation of the Specialty in Algebra and the Specialty in Logic and Foundations of Mathematics (the new designation - Specialty in Algebra and Logic);*
- 3) the consolidation of the Specialty in Functional Analysis, the Specialty in Numerical Analysis, Specialty in Differential Equations, Specialty in Geometry (the new designation - Specialty in Analysis and Geometry).*

Brief description of the curricular structure and of the students' monitoring:

- 1. During the first year each student must be approved in 5 disciplines, among those offered as optional.*
- 2. During the first year, each student must be approved in the "Seminar" pertaining to his scientific area.*
- 3. The "Seminar" may be graded taking only in account the student's attendance. However, the student may also be asked to present one or several seminars related to his research work.*
- 4. Every student must be approved in two qualifying exams. The qualifying exams are offered twice a year in the scientific areas of the Ph.D. program. Every student must be approved in the qualifying exams within a two semester period since the enrolment in the Ph.D. program.*
- 5. Each student must present his Ph.D. proposal in a public seminar within 12 to 24 months after the enrolment in the Ph.D. program. Besides being public this seminar must be done in the presence of the Ph.D. Thesis Committee. (The Thesis Committee is nominated after a student is approved in both the curricular part of the program and the qualifying*

exams. It is constituted by the advisors of the student, together with two additional members, external to FCT/UNL, and specialists in the area of research. This commission should continuously assess the progress of the student up until the thesis submission.)

Instrução do pedido

1. Formalização do pedido

1.1. Deliberações

Mapa II - Aprovação pelo Reitor da UNL, ouvido o Colégio de Diretores

1.1.1. Órgão ouvido:

Aprovação pelo Reitor da UNL, ouvido o Colégio de Diretores

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

[1.1.2._Despacho Senhor Reitor_D Matemática_13-10-2014.pdf](#)

Mapa II - Conselho Científico da FCT-UNL

1.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da FCT-UNL

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

[1.1.2._Declaração CC-FCT.pdf](#)

Mapa II - Conselho Pedagógico da FCT-UNL

1.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da FCT-UNL

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

[1.1.2._Declaração CP-FCT.pdf](#)

1.2. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos

1.2. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos

A(s) respectiva(s) ficha(s) curricular(es) deve(m) ser apresentada(s) no Mapa V.

Oleksiy Karlovych

2. Plano de estudos

Mapa III - Especialidade em Álgebra e Lógica - 1º ano

2.1. Ciclo de Estudos:

Matemática

2.1. Study Programme:

Mathematics

2.2. Grau:

Doutor

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

Especialidade em Álgebra e Lógica

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

Specialty in Algebra and Logic

2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º ano

2.4. Curricular year/semester/trimester:*1st year***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular / Curricular Unit | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|--|--|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------|---|
| Opção I / Option I | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa/ Optional |
| Opção II / Option II | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa/ Optional |
| Opção III / Option III | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa/ Optional |
| Opção IV / Option IV | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa/ Optional |
| Opção V / Option V | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa/ Optional |
| Seminário de Álgebra e Lógica / Algebra and Logic Seminar | AL | Semestral / Semester | 84 | S:14 | 3 | Obrigatória / Mandatory |
| Tese de Álgebra e Lógica / Thesis in Algebra and Logic | AL | Semestral / Semester | 756 | OT:84 | 27 | (num total de 147 ECTS) Obrigatória / Mandatory |

(7 Items)**Mapa III - Especialidade em Álgebra e Lógica - 2º e 3º ano****2.1. Ciclo de Estudos:***Matemática***2.1. Study Programme:***Mathematics***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Especialidade em Álgebra e Lógica***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Specialty in Algebra and Logic***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º e 3º ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***2nd and 3rd year***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular / Curricular Unit | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|---|--|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------|--|
| Tese de Álgebra e Lógica / Thesis in Algebra and Logic | AL | Bianual / Biennial | 3360 | OT:84 | 120 | (num total de 147 ECTS) Obrigatória / Mandatory |

(1 Item)**Mapa III - Especialidade em Álgebra e Lógica - 1º ano - Grupo de Opções I, II, III, IV e V****2.1. Ciclo de Estudos:***Matemática*

2.1. Study Programme:*Mathematics***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Especialidade em Álgebra e Lógica***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Specialty in Algebra and Logic***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano - Grupo de Opções I, II, III, IV e V***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st year - Option Group I, II, III, IV and V***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular / Curricular Unit | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|--|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Álgebra Universal / Universal Algebra | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Análise Numérica das Equações Diferenciais com Derivadas Parciais / Numérical Analysis of Partial Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Cálculo das Variações e Aplicações / Calculus of Variations and Applications | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Ciências da Decisão / Decision Sciences | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Análise Funcional / Complements of Functional Analysis | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Complexidade Computacional / Complements of Computational Complexity | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Equações Diferenciais Ordinárias / Complements of Ordinary Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Lógica / Complements of Logic | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Dinâmica Populacional / Populational Dynamics | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Equações Diferenciais com Derivadas Parciais / Partial Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Equações Diferenciais Estocásticas / Stochastic Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Modelação em Investigação Operacional / Modeling in Operations Research | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Semigrupos Numéricos / Numerical Semigroups | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria Aditiva dos Números / Additive Number Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria Combinatória de Grupos / Combinatorial Group Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria de Grafos / Graph Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |

| | | Semester | | | | |
|--|---|----------------------|-----|-------|---|---------------------|
| Teoria de Operadores / Operator Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Álgebra Comutativa e Geometria Algébrica / Topics of Commutative Algebra and Algebraic Geometry | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Análise Avançada / Topics of Advanced Analysis | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Física-Matemática / Topics of Mathematical Physics | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Lógica Matemática / Topics of Mathematical Logic | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Otimização Combinatória / Topics of Combinatorial Optimization | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Otimização Não Linear / Topics of Non-Linear Optimization | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Semigrupos / Topics of Semigroups | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Teoria de Computação / Topics of Computing Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Topologia e Geometria de Variedades / Topics on the Topology and Geometry of Manifolds | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Topologia Geral e Algébrica / Topics of General and Algebraic Topology | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |

(27 Items)

Mapa III - Especialidade em Análise e Geometria - 1º ano**2.1. Ciclo de Estudos:***Matemática***2.1. Study Programme:***Mathematics***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Especialidade em Análise e Geometria***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Specialty in Analysis and Geometry***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st year***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular / Curricular Unit | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Opção I / Option I | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Opção II / Option II | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |

| | | | | | | |
|--|----|----------------------|-----|-------|----|---|
| Opção III / Option III | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Opção IV / Option IV | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Opção V / Option V | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Seminário de Análise e Geometria / Analysis and Geometry Seminar | AG | Semestral / Semester | 84 | S:14 | 3 | Obrigatória / Mandatory |
| Tese de Análise e Geometria / Thesis in Analysis and Geometry | AG | Semestral / Semester | 756 | OT:84 | 27 | (num total de 147 ECTS) Obrigatória / Mandatory |

(7 Items)

Mapa III - Especialidade em Análise e Geometria - 2º e 3º ano**2.1. Ciclo de Estudos:***Matemática***2.1. Study Programme:***Mathematics***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Especialidade em Análise e Geometria***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Specialty in Analysis and Geometry***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º e 3º ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***2nd and 3rd year***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular / Curricular Unit | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|---|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|---|
| Tese de Análise e Geometria / Thesis in Analysis and Geometry | AG | Bianual / Biennial | 3360 | OT: 84 | 120 | (num total de 147 ECTS) Obrigatória / Mandatory |

(1 Item)

Mapa III - Especialidade em Análise e Geometria - 1º ano - Grupo de Opções I, II, III, IV e V**2.1. Ciclo de Estudos:***Matemática***2.1. Study Programme:***Mathematics***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Especialidade em Análise e Geometria*

2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):*Specialty in Analysis and Geometry***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano - Grupo de Opções I, II, III, IV e V***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1 st year - Option Group I, II, III, IV and V***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular / Curricular Unit | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|--|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Álgebra Universal / Universal Algebra | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Análise Numérica das Equações Diferenciais com Derivadas Parciais / Numerical Analysis of Partial Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Cálculo das Variações e Aplicações / Calculus of Variations and Applications | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Ciências da Decisão / Decision Sciences | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Análise Funcional / Complements of Functional Analysis | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Complexidade Computacional / Complements of Computational Complexity | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Equações Diferenciais Ordinárias / Complements of Ordinary Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Lógica / Complements of Logic | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Dinâmica Populacional / Populational Dynamics | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Equações Diferenciais com Derivadas Parciais / Partial Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Equações Diferenciais Estocásticas / Stochastic Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Modelação em Investigação Operacional / Modeling in Operations Research | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Semigrupos Numéricos / Numerical Semigroups | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria Aditiva dos Números / Additive Number Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria Combinatória de Grupos / Combinatorial Group Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria de Grafos / Graph Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria de Operadores / Operator Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Álgebra Comutativa e Geometria Algébrica / Topics of Commutative Algebra and Algebraic Geometry | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Análise Avançada / Topics of Advanced Analysis | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Física-Matemática / Topics of Mathematical | M | Semestral | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / |

| | | | | | | |
|---|---|----------------------|-----|-------|---|---------------------|
| Physics | | / | | | | Optional |
| | | Semester | | | | |
| Tópicos de Lógica Matemática / Topics of Mathematical Logic | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Otimização Combinatória / Topics of Combinatorial Optimization | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Otimização Não Linear / Topics of Non-Linear Optimization | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Semigrupos / Topics of Semigroups | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Teoria de Computação / Topics of Computing Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Topologia e Geometria de Variedades / Topics on the Topology and Geometry of Manifolds | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Topologia Geral e Algébrica / Topics of General and Algebraic Topology | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |

(27 Items)

Mapa III - Especialidade em Investigação Operacional - 1º ano**2.1. Ciclo de Estudos:***Matemática***2.1. Study Programme:***Mathematics***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Especialidade em Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Specialty in Operations Research***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st year***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular / Curricular Unit | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|---|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Opção I / Option I | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Opção II / Option II | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Opção II / Option III | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Opção IV / Option IV | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Opção V / Option V | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Seminário de Investigação Operacional / Operations Research Seminar | IO | Semestral / Semester | 84 | S:14 | 3 | Obrigatória / Mandatory |
| Tese de Investigação Operacional / | IO | Semestral / | 756 | OT: 84 | 27 | (num total de 147 |

(7 Items)

Mapa III - Especialidade em Investigação Operacional - 2º e 3º Ano**2.1. Ciclo de Estudos:***Matemática***2.1. Study Programme:***Mathematics***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Especialidade em Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Specialty in Operations Research***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º e 3º Ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***2nd and 3rd year***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular / Curricular Unit | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|--|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|---|
| Tese de Investigação Operacional / Thesis in Operations Research | IO | Bianual / Biennial | 3360 | OT: 84 | 120 | (num total de 147 ECTS) Obrigatória / Mandatory |

(1 Item)

Mapa III - Especialidade em Investigação Operacional - 1º ano - Grupo de Opções I, II, III, IV e V**2.1. Ciclo de Estudos:***Matemática***2.1. Study Programme:***Mathematics***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Especialidade em Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Specialty in Operations Research***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano - Grupo de Opções I, II, III, IV e V***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st year - Option Group I, II, III, IV and V*

2.5. Plano de Estudos / Study plan

| Unidade Curricular / Curricular Unit | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|--|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Álgebra Universal / Universal Algebra | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Análise Numérica das Equações Diferenciais com Derivadas Parciais / Numerical Analysis of Partial Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Cálculo das Variações e Aplicações / Calculus of Variations and Applications | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Ciências da Decisão / Decision Sciences | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Análise Funcional / Complements of Functional Analysis | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Complexidade Computacional / Complements of Computational Complexity | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Equações Diferenciais Ordinárias / Complements of Ordinary Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Complementos de Lógica / Complements of Logic | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Dinâmica Populacional / Populational Dynamics | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Equações Diferenciais com Derivadas Parciais / Partial Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Equações Diferenciais Estocásticas / Stochastic Differential Equations | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Modelação em Investigação Operacional / Modeling in Operations Research | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Semigrupos Numéricos / Numerical Semigroups | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria Aditiva dos Números / Additive Number Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria Combinatória de Grupos / Combinatorial Group Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria de Grafos / Graph Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Teoria de Operadores / Operator Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Álgebra Comutativa e Geometria Algébrica / Topics of Commutative Algebra and Algebraic Geometry | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Análise Avançada / Topics of Advanced Analysis | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Física-Matemática / Topics of Mathematical Physics | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Lógica Matemática / Topics of Mathematical Logic | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Otimização Combinatória / Topics of Combinatorial Optimization | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Otimização Não Linear / Topics of Non-Linear Optimization | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / Optional |
| Tópicos de Semigrupos / Topics of Semigroups | M | Semestral | 168 | TP:56 | 6 | Optativa / |

| | | / | | | | | Optional |
|---|---|----------------------|-----|-------|---|--|---------------------|
| | | Semester | | | | | |
| Tópicos de Teoria de Computação / Topics of Computing Theory | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | | Optativa / Optional |
| Tópicos de Topologia e Geometria de Variedades / Topics on the Topology and Geometry of Manifolds | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | | Optativa / Optional |
| Tópicos de Topologia Geral e Algébrica / Topics of General and Algebraic Topology | M | Semestral / Semester | 168 | TP:56 | 6 | | Optativa / Optional |

(27 Items)

3. Descrição e fundamentação dos objectivos, sua adequação ao projecto educativo, científico e cultural da instituição, e unidades curriculares

3.1. Dos objectivos do ciclo de estudos

3.1.1. Objectivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

De um ponto de vista global os objetivos deste ciclo de estudos são estudar, aprofundar e investigar problemas matemáticos que surjam associados a problemas mais gerais de diversos ramos do conhecimento científico e com relevo para a Sociedade.

O leque de disciplinas proposto para o primeiro ano do ciclo de estudos visa formar investigadores, docentes universitários e líderes científicos nas áreas fundamentais e aplicadas da Matemática. As oportunidades profissionais para os doutorados em Matemática são essencialmente encontradas nas universidades, nas empresas com uma forte componente tecnológica, e na banca / companhias de seguros.

As características das disciplinas mais aplicadas permitem ao doutorado em Matemática integrar, de um modo fácil, equipas multidisciplinares e interdisciplinares em áreas como a Medicina, a Biologia, a Engenharia, as Finanças, a Física e a Teoria da Computação.

3.1.1. Generic objectives defined for the study programme:

From a global point of view the objectives of this cycle of studies are studying, exploring and investigating mathematical problems that may arise associated with more general problems of various branches of knowledge with social impact.

The courses proposed in the first year of PhD Program in Mathematics have the objective of forming researchers, professors and scientific leaders in the fundamental domains of Pure and Applied Mathematics. The employment opportunities for our PhD holders are found in academia, companies with a strong technological component and in banking and insurance industry. The particularities of the most advanced subjects allow the holder of this PhD degree in Mathematics to be integrated in interdisciplinary research teams in areas such as Medicine, Biology, Engineering, Finance, Physics and Computer Science.

3.1.2. Objectivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) a desenvolver pelos estudantes:

O objetivo do Programa Doutoral em Matemática é formar investigadores de alto nível nas áreas de Matemática Pura e Aplicada. O diploma é concedido aos estudantes que:

- Mostrem um amplo entendimento do domínio científico escolhido, com um amplo conhecimento dos métodos e técnicas de investigação subjacentes;*
- Sejam capazes de julgar, analisar e sintetizar ideias científicas novas e complexas;*
- Sejam capazes de comunicar com os seus pares, com a comunidade científica em geral, e com a restante sociedade, as ideias e o conhecimento de sua área de especialização;*
- Sejam capazes de promover a sociedade do conhecimento, na indústria ou em ambiente académico;*
- Sejam capazes de desenvolver um projeto de investigação científica relevante e original, de acordo com os mais altos padrões académicos.*

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

The aim of PhD Program in Mathematics is to form high level researchers in the fields of Pure and Applied Mathematics. The diploma should be awarded to students that:

- Show a broad understanding of the chosen scientific domain, with an extensive knowledge of the underlying research methods and techniques;*
- Are able to judge, analyze and synthesize new and complex scientific ideas;*
- Are able to communicate to their peers, to the scientific community in general and to the rest of the society ideas and knowledge from their area of expertise;*
- Are able to promote a knowledge-based society in either an industry or an academic environment;*
- Are able to produce an original and significant scientific research project in accordance with the highest academic standards.*

3.1.3. Inserção do ciclo de estudos na estratégia institucional de oferta formativa face à missão da instituição:

A FCT/UNL é uma instituição de ensino superior universitário dirigida às áreas de Ciência e de Engenharia, que tem como missão desenvolver:

- a) Investigação científica competitiva no plano internacional, privilegiando áreas interdisciplinares, incluindo a investigação orientada para a resolução de problemas que afetam a sociedade;*
- b) Um ensino de excelência, com ênfase crescente na investigação realizada, veiculado por programas académicos competitivos a nível nacional e internacional;*
- c) Uma base alargada de participação interinstitucional orientada para a integração das diferentes culturas científicas, com vista à criação de sinergias inovadoras para o ensino e para a investigação;*
- d) Uma forte ligação à sociedade, transferência de conhecimentos, tecnologias e serviços, quer no plano interno, quer no plano internacional, capaz de contribuir para o desenvolvimento social e para a qualificação dos recursos humanos.*

O presente Programa Doutoral em Matemática reestruturado vem ampliar a oferta educativa do Departamento de Matemática da FCT-UNL no domínio da matemática e das suas aplicações, assegurando a oferta de 3 ciclos de estudo completos na área. O PDM visa a formação na fronteira do conhecimento na área em estreita articulação com as atividades de investigação em curso. As atividades de investigação do Departamento de Matemática são integradas no Centro de Matemática e Aplicações de reconhecida qualidade científica com a classificação de Muito Bom (2007) atribuída pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, tendo adicionalmente passado à 2ª fase da avaliação de 2013. A reestruturação do PDM enquadra-se assim perfeitamente na estratégia de ensino e investigação da FCT-UNL, visando o reforço da sua atividade de investigação, a promoção da articulação entre a formação pós-graduada e as linhas de investigação e projetos em curso e um incremento na capacidade de atrair estudantes estrangeiros.

3.1.3. Insertion of the study programme in the institutional training offer strategy against the mission of the institution:

The FCT/UNL is a higher education university institution in the Science and Engineering area. Its mission comprises developing:

- a) Internationally competitive scientific research, with an emphasis in interdisciplinary, including research oriented towards the solution of societal challenges.*
- b) Excellence in teaching, supported on research activities; implemented by academic programs, competitive at the national and international level;*
- c) A broad basis for inter-institutional participation, towards the integration of different scientific cultures, fostering the creation of synergies for research and education.*
- d) A strong social commitment, promoting technology, service and knowledge transfer, able to contribute for the social development and for the high quality qualification of human resources.*

The present restructured Ph.D. Program in Mathematics will enlarge the educational offer of the Department of Mathematics of FCT-UNL in the area of mathematics and its applications, ensuring the supply of three complete study cycles in the area. The PDM is targeted towards training in the frontier of knowledge in the field in close collaboration with the research activities. The research activities of the Department of Mathematics are integrated in the Center for Mathematics and Applications of acknowledged scientific quality rated Very Good (2007) by the Foundation of Science and Technology, having also been admitted to the 2nd phase of evaluation of 2013. Therefore the restructuring of the PDM fits perfectly in the teaching and research strategy of the FCT-UNL, contributing to strengthen its research activities, promote the articulation between postgraduate training and current projects and research lines and an increase the capacity to attract foreign students.

3.2. Adequação ao projeto educativo, científico e cultural da Instituição

3.2.1. Projeto educativo, científico e cultural da Instituição:

De acordo com os seus Estatutos, a Faculdade de Ciências e Tecnologia tem identidade e missão idênticas às da UNL, dirigidas às áreas de Ciências e de Engenharia. Na sua missão, enquanto instituição universitária que se pretende de referência, inclui-se o desenvolvimento de investigação competitiva no plano internacional, privilegiando áreas interdisciplinares e a investigação orientada para a resolução dos problemas que afetam a sociedade, bem como a oferta de ensino de excelência, com ênfase crescente em segundos e terceiros ciclos, mas fundado em primeiros ciclos sólidos, veiculado por programas académicos competitivos a nível nacional e internacional, erigindo o mérito como medida essencial da avaliação. Fundamentalmente, a política de ensino e investigação tem por objetivo promover a qualidade e reconhecimento destas atividades, devendo a investigação ser progressivamente incorporada nas estruturas curriculares dos ciclos de estudos, proporcionando uma oferta educativa atualizada e substancialmente diferenciadora. Por outro lado, a Faculdade dispõe de uma política de qualidade que visa assegurar a melhoria contínua das suas atividades, por forma a aumentar, de modo sustentado, a sua eficiência e corresponder às expectativas decorrentes do seu objeto social. Neste âmbito, o projeto educativo tem contemplado não só a criação de novas áreas de estudo, decorrentes da evolução da economia associada às mudanças sociais, como também a introdução de métodos de ensino e de avaliação conducentes a uma aprendizagem mais eficiente e a reestruturação da oferta formativa existente. Neste último caso, salienta-se a recente introdução, em todos os cursos de Licenciatura, de Mestrado e de Mestrado Integrado, de competências complementares, designadamente soft skills, contacto com empresas ou investigação e empreendedorismo, configurando o designado “Perfil Curricular FCT” como fator diferenciador dos diplomados da instituição e elemento facilitador da sua inserção na vida ativa (<http://www.fct.unl.pt/candidato/perfil-curricular-fct>). Com o intuito de progredir para uma escola “research oriented”, a Faculdade tem vindo a adotar uma política de incentivos para o desenvolvimento de atividades de investigação, potenciando o mérito dos seus docentes como referencial e, ainda, uma política promotora de transferência da tecnologia e do conhecimento gerados para a Sociedade através de parcerias com empresas, licenciamento de propriedade industrial e apoio à criação de empresas spin-off. A Faculdade atribui grande importância às atividades culturais que disponibiliza aos seus estudantes, considerando que valorizam a qualidade dos serviços educativos que

oferece e que constituem elemento diferenciador para a notoriedade da Escola. Assim, para cada ano letivo é programado um extenso conjunto de atividades culturais de alto nível (palestras, conferências, debates, exposições de arte) com a intervenção de personalidades detentoras de elevado prestígio nacional e internacional.

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

According to its Statutes, the Faculty of Sciences and Technology identity and mission in the Sciences and Engineering areas are similar to those of the UNL – Universidade NOVA de Lisboa. As a higher education institution striving to be a reference, it includes the development of competitive research at international level that privileges interdisciplinary areas and research aimed at solving social problems, as well as an educational excellence offer increasingly focused on second and third cycles, but founded on solid first cycles with competitive academic programs at both national and international levels, adopting merit as the essential measure of assessment. Basically the policy for teaching and research aims at promoting quality and recognition of those activities, increasingly incorporating research in the curricular structures of

the study cycles, enabling an updated educational offer expected to be positively discriminated. On the other hand, the Faculty is enforcing a quality policy for the continuous improvement of its activities in order to increment its efficiency in a sustainable process leading to a better achievement of its social responsibilities. Therefore, its educational project includes not only the creation of new study areas that can follow economical evolution associated to social changes but also the introduction of teaching and assessment methods aimed at improving the learning efficiency, and the restructuring of the existent educational offer. About this last issue, it is worth mentioning the recent introduction, in all first and second study cycles and Integrated Master programs, of common competences, namely soft skills, undergraduate practice or research opportunities and entrepreneurship, leading to the so-called "Perfil Curricular FCT" (FCT Curricular Profile) as a differentiating feature of the institution graduates and a facilitator of their insertion in the active life (<http://www.fct.unl.pt/candidato/perfil-curricular-fct>). As the Faculty aims to become a research oriented school, a policy of incentives to research development is being adopted fostering the merit of its academic staff and, also, a policy aims at promoting the technology and knowledge transfer to the Society through partnerships with companies, licensing of industrial property and support to the creation of spin-off companies. Cultural activities are looked as an important aspect of the Faculty's educational offer that contributes to a positive discrimination of the School. For each academic year a set of high-level cultural activities is scheduled, such as seminars, conferences, debates and art exhibitions, with the cooperation of prominent individualities holding high national and international prestige.

3.2.2. Demonstração de que os objetivos definidos para o ciclo de estudos são compatíveis com o projeto educativo, científico e cultural da Instituição:

Os Estatutos da FCT definem, como missão e estratégia da instituição, o desenvolvimento de uma investigação competitiva, interdisciplinar, e de um ensino de excelência, com programas académicos competitivos a nível nacional e internacional, assim como uma participação interinstitucional alargada, com vista à criação de sinergias inovadoras para o ensino e para a investigação. A FCT-UNL visa posicionar-se como uma escola "research oriented" e a aposta numa formação de 3º ciclo na área de matemática, assente numa sólida base de investigação ancorada no Centro de Matemática e Aplicações de reconhecida competência está assim perfeitamente alinhada com os objetivos da instituição.

3.2.2. Demonstration that the study programme's objectives are compatible with the Institution's educational, scientific and cultural project:

The bylaws of FCT state that its mission and strategy are focused in the development of competitive and interdisciplinary research, and the undertaking of a training of excellence with competitive academic programs at the national and international levels, as well as in a broad institutional collaboration, in order to create innovative synergies for teaching and research. FCT-UNL aims to position itself as a "research oriented" school and therefore the development of a 3rd cycle training program in mathematics, relying on a solid research basis anchored in the Center for Mathematics and Applications of acknowledged competence is thus perfectly aligned with the objectives of the institution.

3.3. Unidades Curriculares

Mapa IV - Álgebra Universal / Universal Algebra

3.3.1. Unidade curricular:

Álgebra Universal / Universal Algebra

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Júlia Maria Nunes Loureiro Vaz de Carvalho – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Herberto de Jesus da Silva – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

- 1) *Compreender, aplicar e trabalhar com conceitos e resultados de álgebra universal.*
- 2) *Ser capaz de ler e expor um artigo científico simples.*

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

By the end of this unit the student should have acquired knowledge, skills and competences that allow him to:

- 1) *Understand, apply and work with concepts and results of universal algebra.*
- 2) *Be able to read and explain a simple research paper.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Elementos de Álgebra Universal

Álgebras e operações

Subálgebras, homomorfismos e produtos diretos

Subálgebras geradas por conjuntos

Relações de congruência e álgebras quociente

Álgebras e clones

Teoremas do isomorfismo

Produtos diretos, congruências fator, álgebras diretamente indecomponíveis

Produtos subdiretos, álgebras subdiretamente irredutíveis, álgebras simples

Operadores em classes de álgebras e variedades

Teorema de Tarski

Termos, álgebra dos termos, álgebra livre

Identidades, Teorema de Birkhoff

Condições Mal'cev

2. Complementação, álgebras de Boole

Álgebras de Boole e anéis de Boole

Ideais e filtros

Dualidade de Stone

Ultraprodutos e variedades congruência-distributivas

3. Pseudocomplementação, álgebras de Stone, álgebras de Heyting

4. Álgebras de Ockham

3.3.5. Syllabus:

1. Elements of Universal Algebra

Algebras and operations

Subalgebras, homomorphisms and direct products

Subalgebras generated by sets

Congruence relations and quotient algebras

Algebras and clones

Isomorphism theorems

Direct products, factor congruences, directly indecomposable algebras

Subdirect products, subdirectly irreducible algebras, simple algebras

Class operators and varieties

Tarski Theorem

Terms, Term algebra, free algebra

Identities, Birkhoff Theorem

Mal'cev conditions

2. Complementation, Boolean algebras

Boolean algebras and Boolean rings

Ideals and filters

Stone duality

Ultraproducts and congruence-distributive varieties

3. Pseudocomplementation, Stone algebras, Heyting algebras

4. Ockham algebras

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

O capítulo 1 e a parte final do capítulo 2 dedicam-se a noções e resultados fundamentais de Álgebra Universal, que serão aplicados nos capítulos 3 e 4, cumprindo-se o primeiro objetivo.

A participação dos alunos nas aulas expõem partes da teoria, o trabalho desenvolvido na resolução dos problemas propostos e os temas abordados permitem cumprir o segundo objetivo.

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

Chapter 1 and the final part of Chapter 2 are devoted to fundamental notions and results on Universal Algebra, which will be applied in Chapters 3 and 4, fulfilling the first objective.

The participation of the students in class exposing parts of the theory, the work of solving the proposed problems and the themes studied allow to fulfill the second objective.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas expositórias, com a participação dos estudantes. Discussão dos temas e das dificuldades dos estudantes envolvidos. Resolução de problemas.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Lectures, with the participation of the students. Discussion of the most relevant subjects. Problem solving.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

Tratando-se de uma unidade curricular do Programa Doutoral torna-se indispensável que o estudante seja capaz de expor a matéria em estudo, assim como demonstrar um bom nível na resolução de problemas.

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

Since we are dealing with a PhD unit, it is essential to test the ability of the student to present the subjects under study, as well as to analyse its problem solving capacity.

3.3.9. Bibliografia principal:

T.S. Blyth and J.C. Varlet, Ockham Algebras, Oxford University Press, 1994.

S. Burris and H. P. Sankappanavar, A Course in Universal Algebra, Springer, 1981.

B.A. Davey and H. A. Priestley, Introduction to Lattices and Order, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2002.

G. Grätzer, General Lattice Theory, Birkhäuser, 1978.

P. Halmos, Lectures on Boolean algebras, Van Nostrand, Princeton, 1963.

R. N. McKenzie, G. F. McNulty, and W. F. Taylor, Algebras, Lattices, Varieties, vol. I, Wadsworth and Brooks, 1987.

Mapa IV - Análise Numérica das Equações Diferenciais com Derivadas Parciais/Num.Anal. Partial Diff. Equations

3.3.1. Unidade curricular:

Análise Numérica das Equações Diferenciais com Derivadas Parciais/Num.Anal. Partial Diff. Equations

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Luís Manuel Trabucho de Campos – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Ana Margarida Fernandes Ribeiro – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências básicas na área da análise numérica das equações diferenciais com derivadas parciais que lhe permitam:

- *Compreender conteúdos mais avançados na área (incluindo os Métodos de Diferenças Finitas para problemas elípticos, parabólicos e hiperbólicos, assim como o Método dos Elementos Finitos para os problemas elípticos);*
- *Ser capaz de iniciar investigação num tópico da área.*

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

At the end of this course students will have acquired basic knowledge and skills in the area of numerical analysis of partial differential equations of in order to:

- *Understand advanced contents in the area (including Finite Difference Methods for elliptic, parabolic and hyperbolic problems, as well as the finite element method for elliptic problems);*
- *Being able to start research on a topic in the area.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Função de Green. Método das Diferenças Finitas para problemas elípticos. Método das Diferenças Finitas para problemas parabólicos e hiperbólicos. Métodos explícitos e implícitos. Método de Crank-Nicholson. Estabilidade. Convergência.

2. Método dos Elementos Finitos para problemas elípticos. Bases, matriz e vectores globais. Cálculo da solução e da derivada. Ordem de convergência da derivada em diferentes pontos de cada intervalo da partição. Elemento finito. Bases locais. Matrizes e vectores do elemento. Matrizes e vectores globais. Condições de fronteira de Dirichlet, Neumann e mistas. Elementos quadráticos e cúbicos.

3. *Método dos Elementos Finitos para problemas bidimensionais. Elementos finitos triangulares e rectangulares. Matrizes e vectores do elemento. Matrizes e vectores globais. Elemento finito de referência.*

4. *Estimativas do erro clássicas.*

5. *Estimativas do erro, para o Método dos Elementos Finitos, para problemas elípticos, em espaços de Hilbert. Método de Aubin-Nitsche.*

3.3.5. Syllabus:

1. *Green's function. Finite Difference Method for elliptic problems. Finite Difference Method for parabolic and hyperbolic problems. Explicit and implicit methods. Crank-Nicholson method. Stability. Convergence.*

2. *Finite Element Method for elliptic problems. Bases, matrix and global vectors. Calculation of the solution and its derivative. Convergence order of the derivative at different points of each interval of the partition. Finite element. Local bases. Matrices and vectors of the element. Global matrices and vectors. Boundary conditions of Dirichlet, Neumann and mixed type. Quadratic and cubic elements.*

3. *Finite element method for two-dimensional problems. Triangular and rectangular finite elements. Matrices and vectors of the element. Global matrices and vectors. Reference finite element.*

4. *Classic error estimates.*

5. *Error estimates for the finite element method for elliptic problems in Hilbert spaces. Aubin-Nitsche's method.*

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

Os conteúdos programáticos percorrem todos os aspectos referidos nos conteúdos da UC e são, na nossa opinião, suficientes para um aluno médio ficar com os conhecimentos base. A partir daqui poderá encetar o estudo aprofundado destes assuntos.

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

We are offering standard material to accomplish the objectives of the course. They are, in our view, sufficient for the average student to learn the basic material. From here he will be able to start the in-depth study of these subjects.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas. A avaliação consiste na realização de uma série de problemas que serão propostos ao longo do semestre e para os quais é dado apoio individual, sempre que solicitado. Alternativamente, o aluno poderá optar por realizar trabalhos com a implementação em computador dos métodos estudados.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Theoretical-practical classes. The evaluation consists of a series of problems that will be offered throughout the semester for which individual support is given whenever requested. Alternatively, the student may choose to implement, on a computer, the methods studied.

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

Trata-se da metodologia usualmente usada para este tipo de disciplina nas mais prestigiadas universidades.

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

This is the methodology commonly used for this type of discipline in the most prestigious universities.

3.3.9. Bibliografia principal:

P.G. Ciarlet, The Finite Element Method for Elliptic Problems, North-Holland, Amsterdam, 1978.

D. Euvrard, Résolution Numérique des Équations aux Dérivées Partielles, 2e édition, Masson, Paris, 1990.

T.J.R. Hughes, The Finite Element Method: Linear, Static and Dynamic Finite Element Analysis, Prentice - Hall, Englewood Cliffs, 1987.

C. Johnson, Numerical Solution of Partial Differential Equations by the Finite Element Method, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.

J.T. Oden and G.F. Carey, Finite Elements I: An Introduction (with E.B. Becker); II: A Second Course; III: Computational Aspects; IV: Mathematical Aspects; V: Special Problems in Solid Mechanics; VI: Special Problems in Fluid Mechanics, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1981--1984.

Mapa IV - Cálculo das Variações e Aplicações / Calculus of Variations and Applications

3.3.1. Unidade curricular:

Cálculo das Variações e Aplicações / Calculus of Variations and Applications

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Ana Margarida Fernandes Ribeiro – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Filipe Serra de Oliveira – TP:56h

José Maria Nunes de Almeida Gonçalves Gomes – TP:56h

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

Obter uma perspetiva moderna do Cálculo das Variações e das suas aplicações à Mecânica dos Meios Contínuos e Problemas de Tratamento de Imagem. O aluno deve ser capaz de ler e expor um artigo científico simples sobre o assunto.

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

To obtain an overview of the modern theory, at a scientific research level, of the Calculus of Variations and of its applications to Continuum Mechanics and Image Processing. The student must be able to read and explain a simple research paper on the subject.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução: problema fundamental do Cálculo das Variações, métodos clássicos, método direto, relaxação.*
- 2. Preliminares: convergência fraca e convergência forte, equi-integrabilidade, variável microscópica e variável microscópica, teorema de Riemann-Lebesgue.*
- 3. Método direto: existência de soluções via semi-continuidade inferior sequencial fraca para funcionais em espaços de Sobolev (caso escalar e caso vetorial). Noções de convexidade, policonvexidade, quasiconvexidade e rank-1 convexidade.*
- 4. Relaxação em espaços de Sobolev.*
- 5. Poderão ainda ser abordadas outras técnicas do Cálculo das Variações, como gama-convergência, simetrização de Schwarz e simetrização de Steiner ou o método das categorias de Baire para inclusões diferenciais. Estes métodos são ilustrados com aplicações em otimização de forma com homogeneização, redução dimensional, problemas de tratamento de imagem, desigualdades isoperimétricas, formação de micro-estruturas e transição de fase.*

3.3.5. Syllabus:

- 1. Introduction: fundamental problem in the calculus of variations, classical methods, direct method, and relaxation.*
- 2. Preliminaries: weak and strong convergence, equi-integrability, microscopic and macroscopic variables, Riemann-Lebesgue theorem.*
- 3. Direct method: existence of solutions through sequentially weak lower semicontinuity for functionals in Sobolev spaces (scalar and vectorial cases). Convexity, polyconvexity, quasiconvexity, and rank-1 convexity.*
- 4. Relaxation in Sobolev spaces.*
- 5. Other techniques in the Calculus of Variations can also be studied. Namely, gamma-convergence, Schwarz and Steiner symmetrization, or the Baire categories method for differential inclusions. These methods will be illustrated by applications to shape optimization with homogenization, dimension reduction, imaging problems, isoperimetric inequalities, microstructure and phase transition.*

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

O estudo moderno do Cálculo das Variações é essencial na modelação de muitos problemas da atualidade. Esses problemas são propostos pela engenharia ou pela ciência dos materiais e nascem da necessidade de otimizar estruturas, de compreender o comportamento de materiais compósitos, de estudar o desenvolvimento de fraturas ou o comportamento de junções de materiais a várias dimensões: volumes, placas ou vigas. Apresentamos uma introdução aos recentes métodos matemáticos do Cálculo das Variações, utilizados na atual investigação de ponta.

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

The study of the modern methods of the Calculus of Variations is essential to solve problems issued from problems of the present times. Those problems come from engineering or material science. They deal with the optimization of elastic structures, the understanding of the behavior of composite materials, the evolution of fracture, the behavior of different dimensional junctions: volumes, plates or beams. We present an introduction to the most recent mathematical research methods of the Calculus of Variations.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas expositórias, com a participação dos estudantes, sendo demonstrados a maior parte dos resultados. As matérias são motivadas e ilustradas com exemplos de aplicação. São propostos aos alunos problemas que poderão ser discutidos nas aulas e temas para apresentação oral e/ou escrita pelos alunos.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Lectures, with the participation of the students where most of the results will be proved. The topics discussed will be illustrated by examples of application. Several problems will be proposed to the students and these can be discussed in the classes. Also, the students will be proposed themes for oral and/or written presentation.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations,

to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Tratando-se de uma unidade curricular do Programa Doutoral torna-se indispensável que o estudante seja capaz de expor a matéria em estudo, assim como demonstrar um bom nível na resolução de problemas apropriados.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:
Since we are dealing with a PhD unit, it is essential to test the ability of the student to present the subjects under study, as well as to analyse its problem solving capacity.

3.3.9. Bibliografia principal:

B. Dacorogna, Direct Methods in the Calculus of Variations, Second Edition, Springer-Verlag, New-York 2007.

G. Dal Maso, An Introduction to Gamma-convergence, Birkhäuser, 1993.

I. Ekeland and R. Temam, Convex Analysis and Variational Problems, North Holland, 1975.

L. Evans and R. Gariepy, Measure Theory and Fine Properties of Functions, CRC Press, 1991.

I. Fonseca and G. Leoni, Modern Methods in the Calculus of Variations: Spaces, Springer Monographs in Mathematics, Springer, 2007.

S. Kesavan, Symmetrization and Applications, World Scientific Publishing, 2006.

Mapa IV - Ciências da Decisão / Decision Sciences

3.3.1. Unidade curricular:

Ciências da Decisão / Decision Sciences

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Maria Isabel Azevedo Rodrigues Gomes – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Nelson Fernando Chibeles Pereira Martins – TP:56h

Susana Maria Marques Henriques Botelho Baptista – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

- Ser capaz de identificar as diferenças entre decisão em situação de incerteza, de risco, mono-critério e multi-critério. Conhecer as principais desvantagens dos métodos quantitativos de apoio à decisão e ser capaz de fazer uma análise crítica das soluções obtidas.

- Compreender as diferenças entre os paradigmas da otimização mono e multi objectivo. Conhecer e aplicar diferentes técnicas para a determinação da solução de compromisso.

- Conhecer conceitos como simulação discreta, entidade, estado, número pseudo-aleatório, réplica, entre outros.

Identificar qual método mais adequado para a simulação de diferentes sistemas.

- Conhecer os conceitos de Data Mining e ser capaz de identificar e aplicar algoritmos adequados a grandes estruturas de dados.

- Ser capaz de escolher e utilizar ferramentas informáticas adequadas.

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

At the end of this course the student will have acquired knowledge, skills and competences to:

- Be able distinguish among decision under uncertainty, risk, mono-criterion and multicriteria. To know the main drawbacks of quantitative methods for decision support and to be able to make a critical analysis of the solutions.

- Understand the differences between the paradigms of mono and multi-objective optimization. To know and to apply techniques for the reach the solution of compromise.

- Comprehend concepts such as discrete event simulation, entity, state, pseudo-random number, replica, among others. To identify which technique should be use to simulate different and complex systems.

Comprehend the concepts of Data Mining and to be able to identify and apply algorithms to large data structures.

- Be able to select and use adequate software.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

(Os tópicos abordados poderão ter algumas variações de ano para ano, adaptando-se ao perfil dos alunos que no ano frequentam a unidade curricular)

- Tópicos de Decisão Uni-critério e Multi-critério (Decisão em situação de incerteza e risco, árvores de decisão, teoria da utilidade; Modelos multi-critério: compensatórios, não-compensatórios e hierárquicos).

- Tópicos de Otimização Multi-Objectivo (Dominância e Eficiência; Métodos escalarizantes: Método da soma ponderada agregada; Métodos baseados na distância a um ponto de referência; Método das restrições; Métodos baseados em metas).

- *Tópicos de Simulação no contexto da tomada de decisão (Simulação em Tempo Discreto vs em Tempo contínuo; Métodos de Geração de números pseudo-aleatórios; Planeamento de experiências e análise estatística de resultados).*
- *Tópicos de Data Mining (conceitos básicos, regras de associação, algoritmos de classificação, detecção de outliers, previsão, análise de resultados).*

3.3.5. Syllabus:

(The particular techniques taught may vary slightly from year to year)

- *Single and multi-criteria decision making (decision under uncertainty and risk; decision trees; utility theory; multi-criteria decision methodologies: compensatory, non-compensatory and hierarchical).*
- *Multiobjective optimization (dominance and efficiency; additive models; weighted vector models; admissible space reduction methods; interactive methods; goal programming).*
- *Simulation (discrete time vs. continuous time simulation; generating pseudo-random numbers; experiment design and output analysis).*
- *Data Mining (clustering, association rules, classification algorithms, outliers detection, prediction, result analysis).*

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

Os conteúdos programáticos foram definidos em coerência com os objectivos e competências a serem atingidos pelos alunos. Os conteúdos programáticos incluem os principais conceitos de Teoria de Decisão, Optimização Multiobjectivo, Simulação e Data Mining.

O recurso a ferramentas informáticas de uso generalizado ou especializado permitirá aos alunos colocar em prática os conteúdos expostos permitindo uma consolidação mais fácil dos mesmos.

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

The syllabus was defined in line with the objectives and competencies to be achieved by students. The syllabus includes the main concepts of Decision Theory, Multiobjective Optimization, Simulation and Data Mining.

The use of computer tools will allow students to put into practice the contents exposed allowing for easier consolidation.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os tópicos programáticos serão lecionados em aulas teóricas. A resolução de problemas formativos baseados em problemas reais permitirá aos alunos a consolidação dos conceitos e métodos abordados na aula. As aulas decorrerão em laboratórios informáticos.

A avaliação será composta por um exame final e a realização de um trabalho com apresentação oral.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The program topics will be lectured followed by the solving of formative problems based on real world cases. The classes take place in computer labs.

The evaluation will consist of a final exam and an assignment with oral presentation.

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

O desenvolvimento das competências cognitivas é facilitado pela exposição participativa e pela resolução de problemas formativos baseados em casos reais. O trabalho (individual ou de grupo) permite desenvolver competências práticas. A apresentação oral desenvolve competências de comunicação.

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

The lectures and the solving of problems based on real world cases develop cognitive skills. The home assignment allows the development practical skills. The oral presentation develops communication skills.

3.3.9. Bibliografia principal:

J.Banks et al., Discrete-Event System Simulation, Prentice-Hall, 2004.

J.N.Clímaco, C.H. Antunes, M.J.G.Alves, Programação linear multiobjectivo, Universidade de Coimbra, 2003.

J.Figueira, S.Greco, M.Ehrgott, Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys, Springer, 2005.

P. Flach, Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data, Cambridge University Press, 2005.

P.Goodwin, G.Wright, Decision Analysis for Management Judgement, John Wiley & Sons, 2010.

A.M.Law, W.D.Kelton, Simulation Modeling and Analysis, McGraw-Hill, 2007.

R.E.Steuer, Multiple Criteria Optimizations: Theory, Computation, and Application, Krieger Pub Co, 1989.

T.Tanino, T.Tanaka, M.Inuiguchi, Multi-Objective Programming and Goal Programming, Springer, 2003.

G.H.Tzeng, J.J.Huang, Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Chapman and Hall, 2011.

I.H.Witten, E.Frank, Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Morgan Kaufmann, 2011.

Mapa IV - Complementos de Análise Funcional / Complements of Functional Analysis

3.3.1. Unidade curricular:

Complementos de Análise Funcional / Complements of Functional Analysis

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Oleksiy Karlovych – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Cláudio António Rainha Aires Fernandes – TP:56h

Filipe Serra de Oliveira – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências básicas na área de análise funcional que lhe permitam:

- *Compreender conteúdos mais avançados na área;*
- *Ser capaz de iniciar investigação num tópico da área.*

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

At the end of this course students will have acquired basic knowledge and skills in the area of functional analysis in order to:

- *Understand advanced contents in the area;*
- *Being able to start research on a topic in the area.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Espaços vetoriais topológicos. Propriedades de separação. Aplicações lineares. Espaços de dimensão finita. Metrizabilidade. Limitação e continuidade. Seminormas e convexidade local. Espaço quociente. Exemplos.*
- 2. Completude. Categoria de Baire. Teorema de Banach-Steinhaus. Teorema da aplicação aberta. Teorema do gráfico fechado. Aplicações bilineares.*
- 3. Convexidade. Teorema de Hahn-Banach. Topologias fracas. Conjuntos convexos compactos. Integração vetorial. Funções holomorfas.*
- 4. Dualidade em espaços de Banach. Espaço dual normado de um espaço normado. Operadores adjuntos. Operadores compactos.*
- 5. Álgebras de Banach. Homomorfismos complexos. Propriedades básicas de espectro. Cálculo simbólico. Grupo dos elementos invertíveis.*
- 6. Álgebras de Banach comutativas. Ideais e homomorfismos. Transformada de Gelfand. Álgebras com involução. Funcionais positivos. Introdução às álgebras não comutativas.*

3.3.5. Syllabus:

- 1. Topological vector spaces. Separation properties. Linear mappings. Finite-dimensional spaces. Metrization. Boundedness and continuity. Seminorms and local convexity. Quotient spaces. Examples.*
- 2. Completeness. Baire category. The Banach-Steinhaus theorem. The open mapping theorem. The closed graph theorem. Bilinear mappings.*
- 3. Convexity. The Hahn-Banach theorem. Weak topologies. Compact convex sets. Vector-valued integration. Holomorphic functions.*
- 4. Duality in Banach spaces. The normed dual of a normed space. Adjoint. Compact operators.*
- 5. Banach algebras. Complex homomorphisms. Basic properties of spectra. Symbolic calculus. The group of invertible elements.*
- 6. Commutative Banach algebras. Ideals and homomorphisms. Gelfand transform. Involutive algebras. Positive functionals. Introduction to noncommutative algebras.*

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

O programa contempla todos os aspectos essenciais para atingir os objetivos de aprendizagem. A bibliografia recomendada abrange todos os itens do programa, permitindo que os alunos possam, com o apoio do professor, desenvolver de forma equilibrada todos os conhecimentos e capacidades necessárias ao bom cumprimento dos objetivos.

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

The program covers all essential aspects to achieve learning objectives. The recommended bibliography covers all items of the program, allowing students, with teacher support, to develop in a balanced way all knowledge and skills necessary for the proper fulfillment of the objectives.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são teórico-práticas, alternadas sessões teóricas e sessões práticas de modo conveniente. Nas sessões teóricas expõem-se os conteúdos da disciplina, ilustrando-os com exemplos de aplicação. Nas sessões práticas os alunos serão chamados a resolver exercícios e a elaborar demonstrações de alguns dos resultados apresentados. Quaisquer dúvidas podem ser esclarecidas ou no decorrer das aulas, ou nas sessões destinadas a atendimento de alunos ou ainda em sessões extra acordadas diretamente entre aluno e professor. Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais

(exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Classes are theoretical-practical, alternating theoretical sessions and practical sessions as convenient. In theoretical sessions the contents of the course are exposed and illustrated with examples. In practical sessions students will be asked to solve problems and elaborate demonstrations of some of the results presented.

Any questions/doubts are clarified during classes or tutorial sessions or even in extra sessions combined directly between student and teacher.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas em sessões teóricas, com o apoio adicional dos horários de atendimento. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames) ou orais (exames/exposições). As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas em todas as formas de horas de contacto: nas sessões teóricas através da exposição e discussão dos conceitos fundamentais da disciplina e nas sessões práticas, com o apoio adicional dos horários de atendimento, através da resolução de problemas com apoio do docente.

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

The theoretical components necessary to achieve the learning objectives are taught in lecture sessions, with additional support of tutorial sessions. The acquisition of knowledge is assessed with written (tests/exams) or oral (examinations/seminars) evaluations. The practical components necessary to achieve the learning objectives are developed in all forms of contact hours: the theoretical sessions through exposition and discussion of the fundamental concepts of the discipline and the practical sessions, with additional support of tutorial sessions, through problem solving with the help of the teacher.

3.3.9. Bibliografia principal:

A. Bressan, Lecture notes on functional analysis with applications to linear partial differential equations, American Mathematical Society, 2013.

J. Cerdà, Linear functional analysis, American Mathematical Society, 2010.

E. Kaniuth, A course in commutative Banach algebras, Springer, 2009.

E. Kreyszig, Introductory functional analysis with applications, John Wiley & Sons, 1978.

W. Rudin, Functional analysis, McGraw-Hill, 1991.

Mapa IV - Complementos de Complexidade Computacional / Complements of Computational Complexity

3.3.1. Unidade curricular:

Complementos de Complexidade Computacional / Complements of Computational Complexity

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Isabel Maria Oitavem Fonseca da Rocha Kahle – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Reinhard Josef Klaus Kahle – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências avançadas na área de complexidade computacional que lhe permitam:

- Compreender conteúdos avançados na área;
- Ser capaz de executar investigação num tópico da área.

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

At the end of this course students will have acquired advanced knowledge and skills in the area of computational complexity in order to:

- Understand advanced contents in the area;
- Being able to execute research on a topic in the area.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Modelos de computação: sequenciais, não-deterministas e paralelos. Classes de complexidade computacional (como FPtime, P, NP, PH, Pspace, FPsace, NC^k, NC, AC^k, AC, Logspace, entre outras). Caracterizações independentes de máquinas: caracterização de Cobham para FPtime, de Thompson para FPsace, de Clote para classes paralelas, etc. Caracterizações implícitas.

3.3.5. Syllabus:

Computation models: sequencial, non-deterministic, and parallel. Classes of computational complexity (like FPtime, P, NP, PH, Pspace, FPspace, NC^k, NC, AC^k, AC, Logspace, among others). Machine independent characterizations: Cobham characterization of FPtime, Thompson characterization of FPspace, Clote-Takeuti approach to parallel classes, etc. Implicit characterizations.

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

O conteúdo programático da cadeira é concebido de forma a que, por um lado, os tópicos apresentados sigam a sua ordem natural e, por outro lado, que conduzam aos objetivos da unidade curricular.

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

The syllabus is conceived in a way that, on the one hand, the items of the given programme are in their systematic order, and on the other hand, that they lead in a natural way to the objectives of the lecture course.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino, incluindo aulas teórico-práticas participadas e trabalho do aluno, segue da tradição bem-sucedida na Matemática no espírito de Felix Klein.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The teaching methodology, comprising class-room presentations and work of the student, follows the successful tradition of mathematic teaching in the spirit of Felix Klein.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

A combinação de apresentações do professor com trabalho desenvolvido pelo aluno é clássico no ensino matemático e/ou teórico na área da Computação.

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

The combination of presentations of the professor with own work by the student is the principal guarantee for the success of mathematical and/or theoretical teaching in the area of Computation.

3.3.9. Bibliografia principal:

S. Bellantoni, Predicative Recursion and Computational Complexity. Ph. D. Dissertation, University of Toronto, 1993.

S. Buss and P. Scott, Feasible Mathematics, Birkäuser, 1990.

N. Immerman, Descriptive Complexity, Springer, 1999.

C.H. Papadimitriou, Computational Complexity, Addison-Wesley, 1994.

Mapa IV - Complementos de Equações Diferenciais Ordinárias / Complements of Ordinary Differential Equations**3.3.1. Unidade curricular:**

Complementos de Equações Diferenciais Ordinárias / Complements of Ordinary Differential Equations

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Rogério Ferreira Martins – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Paulo José Fernandes Louro Ribeiro Doutor – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

- Compreender questões que envolvam: equações e sistemas de EDO's lineares e não lineares, existência e unicidade de solução, geometria relacionada com EDO's, estabilidade local e global e problemas de bifurcação.

- Ser capaz resolver problemas que envolvam os tópicos anteriores.
- Conhecer exemplos e aplicações da teoria de EDO's.

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

At the end of this course the student will have acquired knowledge, skills and competences to:

- *Understand issues involving: equations and systems of ODE's linear and non-linear, existence and uniqueness of solution, geometry related to ODE's, local and global stability, and bifurcation problems.*
- *Be able to solve problems involving the previous issues.*
- *Know examples and applications of the theory of ODE's.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Embora em cada ano, dependendo dos interesses dos alunos, se possam fazer ajustes, o programa incide sobre seguintes temas:

Existência, unicidade e extensão de soluções. Geometria de EDO's. Fluxo. Estabilidade e linearização. Método de Lyapunov. Soluções periódicas. Estabilidade de sistemas lineares e não lineares. Desigualdade de Gronwall. Princípio da sobreposição.

Teoria de Floquet. Relações com equações de derivadas parciais. Variedades invariantes. Teorema de Hartman-Grobman. Perturbações. Sistemas forçados. Órbitas homoclinicas. Método de Melnikov. Bifurcações locais e globais. Aplicações clássicas.

De acordo com os interesses dos alunos o curso poderá também ser direcionado para uma aplicações específica, sistemas não-autónomos, variedades invariantes, estabilidade, atratores estranhos, ou outras direções.

3.3.5. Syllabus:

Although in each year some adjustments can be made, depending on student's interests, the program focuses on the following topics:

Existence, uniqueness and extension solutions. Geometry of ODE's. Flow. Stability and linearization. Method of Lyapunov. Periodic solutions. Stability of linear and non-linear systems. Gronwall inequality. Principle of superposition.

Floquet theory. Relations with partial differential equations. Invariant manifolds. Hartman-Grobman theorem. Perturbations. Forced systems. Homoclinic orbits. Melnikov method. Local and global bifurcations. Classical applications.

According to the interests of the students the course can also be directed to some specific type of applications, non-autonomous systems, invariant manifolds, stability, strange attractors, or other directions.

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

Os conteúdos programáticos que são ilustrativos e permitem que o aluno fique com uma ideia geral de um leque suficientemente alargado de técnicas que estão na base do estudo das EDO's.

Este conjunto base de temas é útil numa grande parte das aplicações das EDO's. Serão apresentadas aplicações clássicas destas teorias a problemas concretos que servirão de referência a outras aplicações que sejam do interesse do aluno.

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

The topics are illustrative and allow the student to grasp a general idea of a sufficiently wide range of techniques that are in the base of the study of ODE's.

This basic set of topics is useful in most applications of ODE's. Classical applications of these theories to practical problems that will serve as reference to other applications that are of interest to the student will be presented.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Será dado um especial ênfase à geometria e ao lado intuitivo de cada um dos tópicos de forma a que a estrutura matemática fique motivada e seja absorvida de forma sólida e profunda.

As aulas são teórico-práticas, alternando entre partes mais expositivas e outras onde vão ser trabalhados problemas concretos.

A avaliação será feita com base na resolução problemas e na observação do progresso do aluno ao longo do semestre. Em alternativa poderá ser considerada a possibilidade da realização de um exame no final do semestre.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

There will be a special emphasis on geometry and intuitive side of each topic so that the mathematical structure stay motivated and be grasped in a solid and profound way.

Classes are theoretical-practical, alternating between more expository sessions and other parts where concrete problems will be worked out.

The evaluation is based on problem solving and observation of the student's progress throughout the semester. Alternatively it may be considered the possibility of carrying out an exam at the end of the semester.

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

As partes mais expositivas das aulas permitem dar um enfoque nos conceitos e ajudar o aluno a enquadrar as matérias no conjunto de conhecimentos já adquiridos. A resolução de problemas é útil para ilustrar e consolidar conhecimentos. O aluno vai ter oportunidade de resolver exercícios, o que lhe vai permitir perceber que matérias ainda têm de ser trabalhadas.

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

The most expository sessions will allow to focus on concepts and help students to insert the topics in the body of knowledge already acquired. The resolution of problems is useful to illustrate and consolidate knowledge. The student will have the opportunity to work through the exercises, which will allow him to clarify what topics should be further studied.

3.3.9. Bibliografia principal:

C. Chicone, Ordinary Differential Equations with Applications, Springer, 2006.

J. Guckenheimer, P. Holmes, Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems and Bifurcations of Vector Fields, Springer, 1983.

M. Hirsch, S. Smale, R. Devaney, Differential Equations, Dynamical Systems & an Introduction to Chaos, Elsevier, 2004.

L. Perko, Differential Equations and Dynamical Systems, Springer, 1991.

S. Wiggins, Intoduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos, Springer, 2009.

Mapa IV - Complementos de Lógica / Complements of Logic

3.3.1. Unidade curricular:

Complementos de Lógica / Complements of Logic

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Reinhard Josef Klaus Kahle – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Isabel Maria Oitavem Fonseca da Rocha Kahle – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências avançadas na área de lógica, nomeadamente na teoria de conjuntos, que lhe permitam:

- Compreender conteúdos avançados na área;
- Ser capaz de executar investigação num tópico da área.

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

At the end of this course students will have acquired advanced knowledge and skills in the area of logic, in particular set theory, in order to:

- Understand advanced contents in the area;
- Being able to execute research on a topic in the area.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Conjuntos e fundamentos: Paradoxo de Russell. A axiomática de ZFC. Classes vs. conjuntos. Esboço do desenvolvimento da matemática em ZFC. O teorema de Cantor e o teorema de Schröder-Bernstein. A equipotência entre $P(N)$ e o contínuo real. Aritmética cardinal básica. Boas ordens. Indução e recursão transfinita. Conjuntos transitivos. Números ordinais de von Neumann. O colapso duma boa ordem. Aritmética ordinal básica. Formulações equivalentes do axioma de escolha. O Teorema do Ponto Fixo Mínimo de Tarski. Números cardinais como ordinais iniciais. Os números alefes. A hipótese do contínuo. O universo cumulativo. Panorâmica dos resultados de independência e consistência.

3.3.5. Syllabus:

Sets and Foundations: Russell's paradox. The ZFC axiomatization. Classes vs. sets. Sketch of the development of mathematics within ZFC. Cantor's and Schröder-Bernstein Theorem. Equipotence of $P(N)$ and the real numbers. Basic cardinal arithmetic. Well-orderings. Induction and transfinite recursion. Transitive sets. Von-Neumann ordinals. Collaps

of a well ordering. Basic ordinal arithmetic. Equivalent formulations of the axiom of choice. Tarski's least fixed point theorem. Cardinals as initial ordinals. Aleph numbers. Continuum Hypothesis. The cumulative universe. Overview of independence and consistency results.

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

O conteúdo programático da cadeira é concebido numa forma que, num lado, os tópicos apresentados seguem a sua sucessão sistemática e, noutro lado, que resultam numa forma natural nos objetivos da unidade curricular.

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

The syllabus is conceived in a way that, on the one hand, the items of the given programme are in their systematic order, and on the other hand, that they lead in a natural way to the objectives of the lecture course.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino, incluindo aulas teórico-práticas participadas e trabalho do aluno, segue da tradição bem-sucedida na Matemática no espírito de Felix Klein.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The teaching methodology, comprising class-room presentations and work of the student, follows the successful tradition of mathematic teaching in the spirit of Felix Klein.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

A combinação de apresentações do professor com trabalho próprio do aluno a garantia principal para o sucesso de ensino matemático.

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

The combination of presentations of the professor with own work by the student is the principal guarantee for the success of mathematical teaching.

3.3.9. Bibliografia principal:

*A. J. Franco de Oliveira, Teoria dos Conjuntos, Intuitiva e Axiomática (ZFC), Escolar Editora, 1982.
K. Hrbacek and T. Jech, Introduction to Set Theory, Marcel Dekker, 1999.
Y. Moschovakis, Notes on Set Theory, Springer, 2nd edition, 2005.*

Mapa IV - Dinâmica Populacional / Populational Dynamics

3.3.1. Unidade curricular:

Dinâmica Populacional / Populational Dynamics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Fabio Augusto da Costa Carvalho Chalub – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

*(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):
Paula Cristiana Costa Garcia da Silva Patrício Rodrigues – TP:56h*

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências básicas em dinâmica populacional e/ou epidemiologia que lhe permitam:

- Compreender conteúdos mais avançados na área;
- Ser capaz de iniciar investigação num tópico da área.

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

At the end of this course students will have acquired basic knowledge and skills in the area of population dynamics/epidemiology in order to:

- *Understand advanced contents in the area;*
- *Being able to start research on a topic in the area.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Dependendo dos interesses de alunos e professores, o programa será sobre modelos evolutivos (lei de Hardy-Weinberg; teorema de Fisher; dinâmica de Lotka-Volterra; teoria de jogos: Jogos estáticos e equilíbrio de Nash em jogos na forma normal. Racionalidade. Jogos de 2 jogadores. Jogos dinâmicos e estratégias evolutivamente estáveis. A dinâmica do replicador. Jogos com conjunto contínuo e compacto de estratégias. Processos discretos. Matrizes estocásticas e o teorema de Perron-Frobenius. O processo de Moran. Estados finais e estados transientes. O coalescente. Processos evolutivos em grafos. O processo de Wright-Fisher; modelos difusivos, equação de Kimura) ou sobre modelos epidemiológicos (Modelos epidémicos – o modelo de Kermack-McKendrick, Modelos com efeitos demográficos: SIR e SIS; Número Básico de Reprodução, R_0 ; Controlo; Generalizações: (Modelos SEIR, Doenças em populações animais, Modelos com heterogeneidade).

3.3.5. Syllabus:

Depending on the interest of teacher and students, the program can be about evolutionary models (Hardy-Weinberg law, Fisher's Theorem, Lotka-Volterra dynamics; Game theory. Static games and Nash equilibrium in games in normal form. Rationality. 2 players's games. Dynamic games and evolutionarily stable strategies. The replicator dynamics. Games with continuous and compact set of strategies; Discrete Processes. Stochastic matrices and theorem of Perron-Frobenius. The Moran process. Final states and transient states. The coalescent. Evolutionary processes in graphs. The Wright-Fisher process; Diffusive approximations, the Kimura equations) or about epidemiology (Epidemic models - the model of Kermack-McKendrick; Models with demographic effects: SIR and SIS; Basic Reproduction Number, R_0 ; Control; Generalizations: SEIR models, Diseases in animal populations, Models with Heterogeneity).

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

Tanto a descrição matemática da evolução quanto a descrição matemática da epidemiologia são parte da dinâmica populacional. Desta forma, o estudo destes tópicos fornecerá ao aluno uma importante base para estudos posteriores e mais avançados da dinâmica populacional.

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

The mathematical description of both evolution and epidemiology are part of the population dynamics, therefore a basic (at PhD level) background in either topic will prepare the student for further studies in population dynamics.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas expositivas e estudo individualizado. Exercícios para resolução em casa, exames escritos e seminários.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Expository classes and individual studies. Homework, written exams and seminars.

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

As aulas expositórias serão sobre os tópicos do programa, assim como as avaliações.

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

Classes will be given in the topics of the program. Students will be evaluated in the topics of the program.

3.3.9. Bibliografia principal:

- N. Bacaër, A short history of mathematical population dynamics, Springer, 2011.*
F. Brauer, P. van den Driessche, J. Wu, Mathematical Epidemiology, Springer, 2008.
N.F. Britton, Essential Mathematical Biology, Springer, 2003.
O. Diekmann and J.A.P. Heesterbeek, Mathematical Epidemiology of Infectious diseases, John Wiley & Sons, 2000.
D.L. Hartle and A.G. Clark, Principles of Population Genetics. Sinauer, Massachusetts, 2007.
J. Hofbauer and K. Sigmund, Evolutionary Games and Population Dynamics, Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 1998.
J.H. Hubbard and B.H. West, Differential Equations: A Dynamical Systems Approach. Higher-Dimensional Systems, Springer, 1995.
M.A. Nowak, Evolutionary Dynamics: Exploring the Equations of Life, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA, 2006.
H.R. Thieme, Mathematics in Population Biology, Princeton University Press, 2003.

Mapa IV - Equações Diferenciais com Derivadas Parciais / Partial Differential Equations

3.3.1. Unidade curricular:

Equações Diferenciais com Derivadas Parciais / Partial Differential Equations

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Luís Manuel Trabucho de Campos – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Ana Margarida Fernandes Ribeiro – TP:56h

Filipe Serra de Oliveira – TP:56h

José Maria Nunes de Almeida Gonçalves Gomes – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências básicas na área das equações diferenciais com derivadas parciais que lhe permitam:

- *Compreender conteúdos mais avançados na área;*
- *Ser capaz de iniciar investigação num tópico da área.*

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

At the end of this course students will have acquired basic knowledge and skills in the area of partial differential equations of in order to:

- *Understand advanced contents in the area;*
- *Being able to start research on a topic in the area.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Distribuições regulares e singulares. Derivada distribucional. Espaços $L^1_{loc}(\Omega)$, $L^p(\Omega)$, $H^m(\Omega)$, $H^0(\Omega)$. Teorema de Hahn-Banach.*
- 2. Desigualdades de Poincaré e de Korn. Domínios lipschitzianos. Valores na fronteira e derivada normal. Regularidade e formulação variacional. Teorema de Lax-Milgram.*
- 3. Espaços $H^{1/2}(\partial\Omega)$, $H^{k-1/2}(\partial\Omega)$, $H^{k+1/2}(\partial\Omega)$. Existência, unicidade e regularidade da solução para o problema de Dirichlet não homogéneo.*
- 4. Espaços $H^{-m}(\Omega)$. Fórmulas de Green. Espaço $H^{\Delta}(\Omega)$. Fórmulas de Green generalizadas.*
- 5. Equações com derivadas parciais do tipo elíptico, parabólico e hiperbólico.*
- 6. Teoria de semigrupos (Teorema de Yosida-Phillips).*

3.3.5. Syllabus:

- 1. Regular and singular distributions. Distributional derivative. Spaces $L^1_{loc}(\Omega)$, $L^p(\Omega)$, $H^m(\Omega)$, $H^0(\Omega)$. The Hahn-Banach theorem.*
- 2. Poincaré and Korn inequalities. Lipschitz domains. Boundary values and normal derivative. Regularity and variational formulation. The Lax-Milgram theorem.*
- 3. Spaces $H^{1/2}(\partial\Omega)$, $H^{k-1/2}(\partial\Omega)$, $H^{k+1/2}(\partial\Omega)$. Existence, uniqueness and regularity of the solution of the non-homogeneous Dirichlet problem.*
- 4. Spaces $H^{-m}(\Omega)$. Green's formulas. Space $H^{\Delta}(\Omega)$. Generalized Green's formulas.*
- 5. Elliptic, parabolic and hyperbolic partial differential equations.*
- 6. Semigroups theory (the Yosida-Phillips theorem).*

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

Os conteúdos programáticos percorrem todos os aspetos referidos nos conteúdos da UC e são, na nossa opinião, suficientes para um aluno médio ficar com os conhecimentos base. A partir daqui poderá encetar o estudo aprofundado destes assuntos.

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

We are offering standard material to accomplish the objectives of the course. They are, in our view, sufficient for the average student to learn the basic material. From here he will be able to start the in-depth study of these subjects.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas. A avaliação será feita por exame final.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Theoretical-practical classes. Evaluation will consist on a final examination.

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

Trata-se da metodologia usualmente usada para este tipo de disciplina nas mais prestigiadas universidades.

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

This is the methodology commonly used for this type of discipline in the most prestigious universities.

3.3.9. Bibliografia principal:

H. Brezis, Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations. Springer, 2011.
L.C. Evans, Partial Differential Equations, American Mathematical Society, 2nd edition, 2010.
D. Gilbarg and N. Trudinger, Elliptic Partial Differential Equations of Second Order, Springer, 2011.
P. Grisvard, Elliptic Problems in Nonsmooth Domains, Pitman, 1985.
J.-L. Lions and E. Magenes, Nonhomogeneous boundary value problems and Applications, vol.I a III. Springer, 1971-1973.

Mapa IV - Equações Diferenciais Estocásticas / Stochastic Differential Equations**3.3.1. Unidade curricular:**

Equações Diferenciais Estocásticas / Stochastic Differential Equations

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Maria Fernanda Almeida Cipriano Salvador Marques – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

n/a

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências básicas na área das equações diferenciais estocásticas que lhe permitam:

- Compreender conteúdos mais avançados na área;*
- Ser capaz de iniciar um trabalho de investigação na área.*

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

At the end of this course students will have acquired basic knowledge and skills in the area of stochastic differential equations in order to:

- Understand advanced contents in the area;*
- Being able to start a research work in the area.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Movimento Browniano- Integral de Wiener- Esperança condicionada - Martingalas*
- 2. Integral Estocástico*
- 3. Formula de Itô*
- 4. Aplicações da fórmula de Itô- Transformação de medidas de probabilidade -Teorema de Girsanov*
- 5. Equações diferenciais estocásticas- Teoremas de existência e unicidade - Propriedade de Markov -Processos de difusão - Semigrupos e equações de Kolmogorov*
- 6. Equações diferenciais estocásticas lineares - Fórmula de Feynman-Kac*

3.3.5. Syllabus:

- 1. Brownian Motion- Wiener integral- Conditional expectation- Martingales*
- 2. Stochastic integrals*
- 3. Itô formula*
- 4. Applications of the Itô Formula- Exponential process- Transformation of probability measures - Girsanov theorem*
- 5. Stochastic Differential equations-Existence and uniqueness-Markov property-Diffusion processes - Semigroups and Kolmogorov equations*
- 6. Linear stochastic differential equations - Feynman-Kac Formula*

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

Para que todos os objetivos referidos sejam alcançados é necessário o conteúdo programático referido. Por outro lado, as matérias contidas no conteúdo programático são suficientes para que o aluno cumpra todos os objetivos.

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

For all these purpose to be achieved it is necessary the program content. On the other hand, the materials contained in the syllabus are sufficient so that the student meets all objectives.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino consiste na lecionação de aulas teórico-práticas, onde é apresentada e explicada toda a matéria referida nos conteúdos programáticos.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais

(exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The professor gives the course by lectures, where he explains all topics referred to in the syllabus.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

Os métodos de ensino apresentados permitem aos alunos apreender todos os conteúdos programáticos. Visam uma profunda compreensão das noções teóricas e suas aplicações nomeadamente através da resolução de problemas. Assim, os estudantes ficam aptos para atingir todos os objetivos.

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

The teaching methods presented allow students to understand all the contents. The aim of these methods is to provide a deep understanding of theoretical concepts and their applications namely through clear expositions of the theoretical concepts and their application solving problem. Thus, the students are able to achieve all objectives.

3.3.9. Bibliografia principal:

A. Friedman, Stochastic Differential Equations and Applications, volume 1, Academic Press 1975.

Hui Hsiung Kuo, Introduction to Stochastic Integration, Springer, 2006.

P. Malliavin, Integration and Probability, Springer, 1995.

Mapa IV - Modelação em Investigação Operacional / Modeling in Operations Research

3.3.1. Unidade curricular:

Modelação em Investigação Operacional / Modeling in Operations Research

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Jorge Orestes Lasbarrères Cerdeira – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular) – TP:56h

Ana Luísa da Graça Batista Custódio

Graça Maria Marques da Silva Gonçalves

Isabel Cristina Silva Correia

Lídia Ludovina Lampreia Ceiro Pica Lourenço

Manuel Valdemar Cabral Vieira

Maria do Carmo Proença Caseiro Brás

Maria Isabel Azevedo Rodrigues Gomes

Nelson Fernando Chibeles Pereira Martins

Paula Alexandra da Costa Amaral Jorge

Susana Maria Marques Henriques Botelho Baptista

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam modelar e resolver problemas reais que se enquadram no âmbito da investigação operacional.

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

With this course the student have developed knowledge and skills that enable to address real problems in the scope of operations research.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Nesta unidade curricular cada aluno vai tratar um problema real oriundo da indústria (sentido lato) com técnicas apropriadas de investigação operacional. Os tópicos programáticos serão pois selecionados em função do problema a tratar e do perfil académico de cada aluno. Naturalmente, aspectos teóricos que são relevantes para a resolução de problemas reais, como modelação, otimização linear, não linear e inteira, métodos heurísticos, entre outros, serão abordados.

3.3.5. Syllabus:

In this course each student will address a real application problem coming from the industry (broad sense) using appropriate operations research (OR) techniques. The OR topics to be treated will be selected according to the problem to be addressed, as well as the academic profile of each student. Theoretical aspects that are relevant to

solving real problems, such as modeling, linear optimization, non-linear and entire, heuristic methods, among others, will be addressed.

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

Nesta unidade curricular cada aluno vai tratar um problema real com técnicas apropriadas de investigação operacional. Os tópicos programáticos serão selecionados em função do problema a tratar e do perfil académico de cada aluno.

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

In this course each student will address a real application problem coming from the industry using appropriate operations research (OR) techniques. The OR topics to be treated will be selected according to the problem to be addressed, as well as the academic profile of each student.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Esta unidade curricular é semestral e a sua lecionação compreende aulas em regime teórico-prático, em laboratório computacional e o desenvolvimento, por cada aluno, de um trabalho autónomo na forma de projecto. A avaliação decorre da apreciação de um relatório escrito do projeto, sua apresentação e discussão.

Desenvolver a capacidade de utilizar técnicas de investigação operacional para formular, propor e implementar métodos de resolução de problemas reais da indústria.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

This is a semester course with computer laboratory classes and students will carry out autonomous work, in order to complete their projects. As final assessment each student will submit a written report describing the project that was developed, that will be presented and discussed.

Development of skills to apply operation research techniques to model and solve real problems from industry.

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

A componente letiva abordará os tópicos (tais como, modelação, otimização linear, não linear e inteira e métodos heurísticos) mais relevantes para a modelação e resolução de problemas reais.

A execução do projecto vai aferir e potenciar a articulação entre os tópicos teóricos e a sua aplicação prática na resolução de problemas.

O relatório associado ao projeto desenvolvido vai permitir avaliar a capacidade de desenvolver soluções para problemas reais ligados à indústria.

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

Classes will allow students to grasp those topics (modeling; linear, nonlinear and integer optimization; and heuristic) which are more relevant to address real world problems from industry.

The execution of the project will promote the articulation between the theoretical topics and the application.

The Report associated the developed project will permit to assess the skills in finding solutions for real word problems from industry.

3.3.9. Bibliografia principal:

Murty, Katta G. (Ed.), Case Studies in Operations Research; Applications of Optimal Decision Making, Series: International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 212, 2014.

Bibliografia adicional será indicada em função do problema específico a desenvolver.

Mapa IV - Semigrupos Numéricos / Numerical Semigroups

3.3.1. Unidade curricular:

Semigrupos Numéricos / Numerical Semigroups

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Vítor Hugo Bento Dias Fernandes – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Manuel Almeida Silva – TP:56h

Manuel Messias Rocha de Jesus – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências básicas na área dos semigrupos numéricos que lhe permitam:

- *Compreender conteúdos mais avançados na área;*
- *Ser capaz de iniciar investigação num tópico da área.*

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

At the end of this course students will have acquired basic knowledge and skills in the area of numerical semigroups in order to:

- *Understand advanced contents in the area;*
- *Being able to start research on a topic in the area.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. *Elementos notáveis.*
2. *Semigrupos numéricos com dimensão de imersão maximal.*
3. *Semigrupos numéricos irredutíveis.*
4. *Semigrupos numéricos proporcionalmente modulares.*
5. *O cociente de um semigrupo numérico.*
6. *Apresentações de semigrupos numéricos.*
7. *O pacote de álgebra computacional “numericalsgps” para o GAP.*

3.3.5. Syllabus:

1. *Notable elements.*
2. *Numerical semigroups with maximal embedding dimension.*
3. *Irreducible numerical semigroups.*
4. *Proportionally modular numerical semigroups.*
5. *The quotient of a numerical semigroup by a positive integer.*
6. *Presentations of a numerical semigroup.*
7. *GAP package “numericalsgps”.*

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

O programa contempla todos os aspectos essenciais para atingir os objetivos de aprendizagem. A bibliografia recomendada abrange todos os itens do programa, permitindo que os alunos possam, com o apoio do professor, desenvolver de forma equilibrada todos os conhecimentos e capacidades necessárias ao bom cumprimento dos objetivos.

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

The program covers all aspects essential to achieve learning objectives. The recommended bibliography covers all items of the program, allowing students, with teacher support, to develop in a balanced way all knowledge and skills necessary for the proper fulfillment of the objectives.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são teórico-práticas, alternado sessões teóricas e sessões práticas de modo conveniente. Nas sessões teóricas são expostos os conteúdos da disciplina, ilustrados com exemplos de aplicação. Nas sessões práticas os alunos serão chamados a resolver exercícios e a elaborar demonstrações de alguns dos resultados apresentados. Quaisquer dúvidas são esclarecidas no decorrer das aulas ou nas sessões destinadas a atendimento de alunos ou ainda em sessões extra combinadas diretamente entre aluno e professor. Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Classes are theoretical-practical, alternating theoretical sessions and practical sessions as convenient. In theoretical sessions the contents of the course are exposed and illustrated with examples. In practical sessions students will be asked to solve problems and elaborate demonstrations of some of the results presented. Any questions/doubts are clarified during classes or tutorial sessions or even in extra sessions combined directly between student and teacher. Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas em sessões teóricas, com o apoio adicional dos horários de atendimento. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames) ou orais (exames/exposições). As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas em todas as formas de horas de contacto: nas sessões teóricas através da exposição e discussão dos conceitos fundamentais da disciplina e nas sessões práticas, com o apoio adicional dos horários de atendimento, através da resolução de problemas com apoio do docente.

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

The theoretical components necessary to achieve the learning objectives are taught in lecture sessions, with additional support of tutorial sessions. The acquisition of knowledge is assessed with written (tests/exams) or oral (examinations/seminars) evaluations. The practical components necessary to achieve the learning objectives are developed in all forms of contact hours: the theoretical sessions through exposition and discussion of the fundamental concepts of the discipline and the practical sessions, with additional support of tutorial sessions, through problem solving with the help of the teacher.

3.3.9. Bibliografia principal:

M. Delgado, P.A. García-Sánchez, and J. Morais, "numericalsgps": a GAP package on numerical semigroups. (<http://www.gap-system.org/Packages/numericalsgps.html>).

J.C. Rosales and P.A. García-Sánchez, Finitely generated commutative monoids, Nova Science Publishers, New York, 1999.

J.C. Rosales and P.A. García-Sánchez, Numerical Semigroups, Springer, 2009.

Mapa IV - Seminário de Álgebra e Lógica / Algebra and Logic Seminar**3.3.1. Unidade curricular:**

Seminário de Álgebra e Lógica / Algebra and Logic Seminar

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

António José Mesquita da Cunha Machado Malheiro – S:14h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

n/a

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

Nesta unidade curricular o aluno será posto em contacto com trabalhos de investigação recentes apresentados pelos membros do Departamento de Matemática e do Centro de Matemática e Aplicações, bem como de instituições com as quais haja alguma forma de colaboração. Este contacto incluirá a apresentação dos trabalhos de investigação recentemente desenvolvidos nas diversas linhas de investigação dos centros de investigação, e dos projetos em que essa investigação se integra. Nesta UC o aluno deverá obter um conhecimento não só da investigação realizada mas também dos seus atores, tendo em vista a eventual escolha de um orientador para a continuação do seu percurso no Programa de Doutoramento.

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

In this course the student will contact with recent research work presented by members of the Mathematical Department (DM) and the Center for Mathematics and Applications, as well as researchers from other research centers with which there is some form of collaborations. In this context, the seminar will include the presentation of recent research works developed in the different research groups, and the research projects in which the works have been developed. In this course the student must gain knowledge of the research being developed in DM and the associated researchers, which the student may select as advisors for their PhD research work.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Esta unidade curricular terá um conteúdo muito variável, dependendo das apresentações efetuadas, as quais refletem a investigação que esteja a ser feita em cada ano no Departamento de Matemática e no Centro de Matemática e Aplicações.

3.3.5. Syllabus:

The contents of this course will depend on the presentations that will take place. These presentations will be representative of the research being developed each year in the Mathematical Department and the Center for Mathematics and Applications.

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

O conteúdo das apresentações efetuadas consiste em tópicos de investigação recentes, contribuindo para os objetivos da unidade curricular.

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

The content of the presentations made are based on topics of recent research, contributing to the objectives of the course.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os docentes e investigadores farão apresentações semanais de temas de investigação, com a duração de uma hora, incluindo o tempo em que os alunos levantarão as questões tidas por apropriadas.

A unidade curricular Seminário poderá ser avaliada apenas pela frequência, podendo também ser solicitado ao aluno que apresente um ou vários seminários sobre o seu trabalho de investigação.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Researchers will present weekly seminars with the typical duration of one hour, including time for questions.

The “Seminar” may be evaluated taking only in account the student’s assistance. However, the student may also be asked to present one or several seminars related to his research work.

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

As apresentações efetuadas permitem aos alunos tomarem contacto com trabalhos de investigação recentes. As apresentações efetuadas pelos docentes do programa permitem aos alunos conhecerem os tópicos de investigação dos potenciais orientadores de doutoramento.

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

The seminars allow the students to contact with recent research works. The presentations performed by the researchers allow the student to know the current research topics of potential advisors.

3.3.9. Bibliografia principal:

Artigos científicos apresentados. / Presented research papers.

Mapa IV - Seminário de Análise e Geometria / Analysis and Geometry Seminar

3.3.1. Unidade curricular:

Seminário de Análise e Geometria / Analysis and Geometry Seminar

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Filipe Serra de Oliveira – S:14h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

n/a

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

Nesta unidade curricular o aluno será posto em contacto com trabalhos de investigação recentes apresentados pelos membros do Departamento de Matemática e do Centro de Matemática e Aplicações, bem como de instituições com as quais haja alguma forma de colaboração. Este contacto incluirá a apresentação dos trabalhos de investigação recentemente desenvolvidos nas diversas linhas de investigação dos centros de investigação, e dos projetos em que essa investigação se integra. Nesta UC o aluno deverá obter um conhecimento não só da investigação realizada mas também dos seus atores, tendo em vista a eventual escolha de um orientador para a continuação do seu percurso no Programa de Doutoramento.

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

In this course the student will contact with recent research work presented by members of the Mathematical Department (DM) and the Center for Mathematics and Applications, as well as researchers from other research centers with which there is some form of collaborations. In this context, the seminar will include the presentation of recent research works developed in the different research groups, and the research projects in which the works have been developed. In this course the student must gain knowledge of the research being developed in DM and the associated researchers, which the student may select as advisors for their PhD research work.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Esta unidade curricular terá um conteúdo muito variável, dependendo das apresentações efetuadas, as quais refletem a investigação que esteja a ser feita em cada ano no Departamento de Matemática e no Centro de Matemática e Aplicações.

3.3.5. Syllabus:

The contents of this course will depend on the presentations that will take place. These presentations will be representative of the research being developed each year in the Mathematical Department and the Center for Mathematics and Applications.

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

O conteúdo das apresentações efetuadas consiste em tópicos de investigação recentes, contribuindo para os objetivos da unidade curricular.

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

The content of the presentations made are based on topics of recent research, contributing to the objectives of the course.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os docentes e investigadores farão apresentações semanais de temas de investigação, com a duração de uma hora, incluindo o tempo em que os alunos levantarão as questões tidas por apropriadas.

A unidade curricular Seminário poderá ser avaliada apenas pela frequência, podendo também ser solicitado ao aluno que apresente um ou vários seminários sobre o seu trabalho de investigação.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Researchers will present weekly seminars with the typical duration of one hour, including time for questions.

The "Seminar" may be evaluated taking only in account the student's assistance. However, the student may also be asked to present one or several seminars related to his research work.

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

As apresentações efetuadas permitem aos alunos tomarem contacto com trabalhos de investigação recentes. As apresentações efetuadas pelos docentes do programa permitem aos alunos conhecerem os tópicos de investigação dos potenciais orientadores de doutoramento.

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

The seminars allow the students to contact with recent research works. The presentations performed by the researchers allow the student to know the current research topics of potential advisors.

3.3.9. Bibliografia principal:

Artigos científicos apresentados. / Presented research papers.

Mapa IV - Seminário de Investigação Operacional / Operations Research Seminar**3.3.1. Unidade curricular:**

Seminário de Investigação Operacional / Operations Research Seminar

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Ana Luísa da Graça Batista Custódio – S:14h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

n/a

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

Nesta unidade curricular o aluno será posto em contacto com trabalhos de investigação recentes apresentados pelos membros do Departamento de Matemática e do Centro de Matemática e Aplicações, bem como de instituições com as quais haja alguma forma de colaboração. Este contacto incluirá a apresentação dos trabalhos de investigação recentemente desenvolvidos nas diversas linhas de investigação dos centros de investigação, e dos projetos em que essa investigação se integra. Nesta UC o aluno deverá obter um conhecimento não só da investigação realizada mas também dos seus atores, tendo em vista a eventual escolha de um orientador para a continuação do seu percurso no Programa de Doutoramento.

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

In this course the student will contact with recent research work presented by members of the Mathematical Department (DM) and the Center for Mathematics and Applications, as well as researchers from other research centers with which there is some form of collaborations. In this context, the seminar will include the presentation of recent research works developed in the different research groups, and the research projects in which the works have been developed. In this course the student must gain knowledge of the research being developed in DM and the associated researchers, which the student may select as advisors for their PhD research work.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Esta unidade curricular terá um conteúdo muito variável, dependendo das apresentações efetuadas, as quais refletem a investigação que esteja a ser feita em cada ano no Departamento de Matemática e no Centro de Matemática e Aplicações.

3.3.5. Syllabus:

The contents of this course will depend on the presentations that will take place. These presentations will be representative of the research being developed each year in the Mathematical Department and the Center for Mathematics and Applications.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
O conteúdo das apresentações efetuadas consiste em tópicos de investigação recentes, contribuindo para os objetivos da unidade curricular.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:
The content of the presentations made are based on topics of recent research, contributing to the objectives of the course.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
Os docentes e investigadores farão apresentações semanais de temas de investigação, com a duração de uma hora, incluindo o tempo em que os alunos levantarão as questões tidas por apropriadas.

A unidade curricular Seminário poderá ser avaliada apenas pela frequência, podendo também ser solicitado ao aluno que apresente um ou vários seminários sobre o seu trabalho de investigação.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):
Researchers will present weekly seminars with the typical duration of one hour, including time for questions.

The "Seminar" may be evaluated taking only in account the student's assistance. However, the student may also be asked to present one or several seminars related to his research work.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
As apresentações efetuadas permitem aos alunos tomarem contacto com trabalhos de investigação recentes. As apresentações efetuadas pelos docentes do programa permitem aos alunos conhecerem os tópicos de investigação dos potenciais orientadores de doutoramento.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:
The seminars allow the students to contact with recent research works. The presentations performed by the researchers allow the student to know the current research topics of potential advisors.

3.3.9. Bibliografia principal:
Artigos científicos apresentados. / Presented research papers.

Mapa IV - Teoria Aditiva dos Números / Additive Number Theory

3.3.1. Unidade curricular:
Teoria Aditiva dos Números / Additive Number Theory

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:
Manuel Almeida Silva – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:
(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):
Joaquim Eurico Anes Duarte Nogueira – TP:56h

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências básicas na área da Teoria Aditiva dos Números que lhe permitam:

- Compreender conteúdos mais avançados na área;
- Ser capaz de iniciar investigação num tópico da área.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
At the end of this course students will have acquired basic knowledge and skills in the area of Additive Number Theory in order to:

- Understand advanced contents in the area;
- Being able to start research on a topic in the area.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Parte 1.

*Desigualdades para cardinalidades de conjuntos soma.
Estrutura de conjuntos com poucas somas.
Densidade de conjuntos infinitos e estrutura.
Resultados inversos para conjuntos soma.
Teoria de Ramsey aritmética.*

Parte 2

*O método probabilístico.
Geometria aditiva.
Métodos da teoria de grafos.
Geometria de incidência.
Métodos algébricos.*

3.3.5. Syllabus:**Part 1.**

*Sum set estimates.
Structure of sets with few sums.
Density and structure.
Inverse sumset theorems.
Ramsey theory on the integers.*

Part 2.

*The probabilistic method.
Additive geometry.
Graph theoretic methods.
Incidence geometry.
Algebraic methods.*

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

O programa contempla os aspetos referidos nos objetivos de aprendizagem. A bibliografia recomendada abrange todos os itens do programa, permitindo que os alunos possam, com o apoio do professor, desenvolver de forma equilibrada todos os conhecimentos e capacidades necessárias ao bom cumprimento dos objetivos.

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

The program covers the aspects mentioned in the learning objectives. The recommended bibliography covers all items of the program, allowing students, with teacher support, to develop in a balanced way all knowledge and skills necessary for the proper fulfillment of the objectives.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são teórico-práticas, alternando sessões teóricas e sessões práticas de modo conveniente. Nas sessões teóricas são expostos os conteúdos da disciplina, ilustrados com exemplos de aplicação. Nas sessões práticas os alunos serão chamados a resolver exercícios e a elaborar demonstrações de alguns dos resultados. Quaisquer dúvidas são esclarecidas no decorrer das aulas ou nas sessões destinadas a atendimento de alunos ou ainda em sessões extra combinadas diretamente entre aluno e professor.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que engloba todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Classes are theoretical-practical, alternating theoretical sessions and practical sessions as is convenient. In theoretical sessions the contents of the course are exposed and illustrated with examples. In practical sessions students will be asked to solve problems and elaborate demonstrations of some of the results presented. Any questions/doubts are clarified during classes or tutorial sessions or even in extra sessions combined directly.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/ seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all the learning goals of the course.

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas em sessões teóricas, com o apoio adicional dos horários de atendimento. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames) ou orais (exames/exposições). As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas em todas as formas de horas de contacto: nas sessões teóricas através da exposição e discussão dos conceitos fundamentais da disciplina e nas sessões práticas, com o apoio adicional dos horários de atendimento, através da resolução de problemas com apoio do docente.

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

The theoretical components necessary to achieve the learning objectives are taught in lecture sessions, with additional support of tutorial sessions. The acquisition of knowledge is assessed with written (tests/exams) or oral (examinations/seminars) evaluations. The practical components necessary to achieve the learning objectives are developed in all forms of contact hours: the theoretical sessions through exposition and discussion of the fundamental concepts of the discipline and the practical sessions, with additional support of tutorial sessions, through problem solving with the help of the teacher.

3.3.9. Bibliografia principal:

*A. Geroldinger and I.Z. Ruzsa, Combinatorial Number Theory and Additive Group Theory, Birkhäuser, 2009.
B.M. Landman and A. Robertson, A. Ramsey Theory on the Integers, American Mathematical Society, 2004.
M.B. Nathanson, Additive Number Theory: Inverse problems and the geometry of sumsets, Springer, 1996.
T. Tao and V. Vu, Additive Combinatorics, Cambridge Univ. Press, 2006.*

Mapa IV - Teoria Combinatória de Grupos / Combinatorial Group Theory

3.3.1. Unidade curricular:

Teoria Combinatória de Grupos / Combinatorial Group Theory

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

António José Mesquita da Cunha Machado Malheiro – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

n/a

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

- 1) conhecer profundamente os conceitos fundamentais da teoria combinatória de grupos, tais como de grupo livre, apresentação, produto livre e produto de grafos, diagramas de Van Kampen, HNN extensões e produto amalgamado e de grupo hiperbólico;*
- 2) ser capaz de enunciar e esquematizar a prova dos resultados essenciais, como o Teorema de Seifert-Van Kampen, ou o Teorema de Nielsen-Schreier, o Teorema de Kurosh ou o Lemma de Svarc- Milnor;*
- 3) saber aplicar os resultados fundamentais da teoria apresentada;*
- 4. Obter familiaridade com as tendências recentes da teoria combinatória e geométrica de grupos.*

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

By the end of this curricular unit the student should have acquired knowledge, skills and competences that allow him to:

- 1) profound knowledge of the fundamental concepts of combinatorial group theory, such as free group, presentation, free product and graph product, Van Kampen diagram, HNN extensions and free amalgamated product, and hyperbolic group;*
- 2) being able to enounce and sketch the proof the basic results of the theory, such as the Seifert-Van Kampen Theorem, the Nielse-Schreier theorem, the Kurosh theorem or the Svarc-Milnor Lemma;*
- 3) know how to apply the fundamental results of the theory;*
- 4) getting acquaintance with the recent trends of combinatorial and geometric group theory.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Grupos livres, suas propriedades e seus subgrupos via grafos de Stallings. Representações de grupos livres.*
- 2. Grupos dados por geradores e relações. O cálculo de apresentações e do método de Reidemeister e Schreier. grafos de Cayley e a métrica de palavras. Transformações de Tietze. Diagramas de Van Kampen e Teorema de Van Kampen.*
- 3. Grupos hiperbólicos, quasi-isometrias e subgrupos quasi-convexos.*
- 4. Ações de Grupos sobre conjuntos. Ações de grupos em grafos por isometrias e a teoria de Bass-Serre, produtos livres amalgamados e extensões HNN, grafos de grupos e ações de grupo em árvores simpléticas.*
- 5. Um ou mais dos seguintes tópicos: grupos com uma única relação; o estudo das desigualdades isoperimétricas; o Teorema Novikov-Boone; o Teorema de mergulho de Higman; Grupos de Grigorchuk de crescimento intermédio; grupos automáticos, etc.*

3.3.5. Syllabus:

- 1. Free groups, their properties and their subgroups via Stallings subgroup graphs. Representations of free groups.*
- 2. Groups given by generators and relations. The calculus of presentations and the method of Reidemeister and Schreier. Cayley graphs and the word metric. Tietze transformations. Van Kampen diagrams and Van Kampen Theorem.*
- 3. Hyperbolic groups, quasi-isometries and quasiconvex subgroups.*
- 4. Groups actions on sets. Groups actions on graphs by isometries and Bass-Serre theory, amalgamated free products and HNN extensions, graphs of groups and group actions on simplicial trees.*
- 5. One or more of the following topics: groups with a single defining relator; the study of isoperimetric inequalities; the*

Novikov-Boone Theorem; the Higman Embedding Theorem; Grigorchuk groups of intermediate growth; automatic groups, etc.

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

Nos dois primeiros pontos do programa abordam-se os princípios gerais da teoria, dando a conhecer aos alunos os seus conceitos fundamentais. Cumpre-se o 1º dos objectivos propostos.

Nos três primeiros pontos do programa estudam-se os resultados fundamentais da teoria, procedendo à sua demonstração. Deste modo cumpre-se o 2º objectivo.

Uma aplicação destes resultados pode ser concretizada através da dedução de resultados que estão inseridos nos pontos 2 e 3 do programa. Deste modo cumpre-se o ponto 3 dos objectivos.

O último dos objectivos propostos será realizado através da exploração de um ou mais tópicos no ponto 5.

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

In the first two points of the program we address the general principles of the theory, allowing students to learn their fundamental concepts. This covers the 1st of objectives.

In the first three points of the program we study the fundamental results of the theory, proceeding to their demonstration, fulfilling the 2nd goal.

An application of these results can be achieved by deducting results that are inserted at points 2 and 3 of the program. Thus fulfilling the 3rd objective.

The last of the proposed objectives will be accomplished by exploiting one or more topics in Section 5.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A estratégia pedagógica adotada assenta em aulas teórico-práticas nas quais se pretende expor os conceitos fundamentais e acompanhar o trabalho do aluno.

Pretende-se através de horas de contacto programadas, realizar uma exposição oral da matéria, acompanhada por pequenos exemplos representativos que permitem uma melhor apreensão dos conceitos teóricos.

Os alunos dispõem de exercícios, que devem resolver individualmente, e durante as horas de apoio/dúvidas discutir as soluções com o docente.

A avaliação é composta por um exame de três horas escrito.

Para um aluno obter uma classificação superior a 16 terá de realizar uma prova complementar.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The adopted teaching strategy is based on lectures in which it is intended to expose fundamental concepts and track students work.

Through scheduled contact hours we intend to make an oral presentation of the main topics, followed by small representative examples that allow a better understanding of theoretical concepts.

The students have exercises which should solve individually, and during the hours of support / doubts discuss solutions with the teacher.

The assessment consists by a final written exam.

For a student to get a rating higher than 16 it will have to do an additional exam.

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas nas aulas programadas, complementadas com o apoio do docente nas horas de atendimento individual, sempre que necessário. Estas aulas decorrem com uma exposição oral da matéria, acompanhada por exemplos que permitem uma melhor apreensão dos conceitos teóricos.

A discussão dos exercícios propostos, em grupo ou com o auxílio do docente, é uma prática pedagógica adoptada essencial para o aluno aprender a ultrapassar as suas dificuldades. Pretende-se, por esta via, contribuir para uma melhor aprendizagem das matérias lecionadas, estimular o trabalho em grupo e a capacidade crítica dos estudantes e, ainda, incentivar os estudantes a estudarem a matéria de forma continuada durante o semestre.

A aquisição de conhecimentos é avaliada na prova escrita. A avaliação escrita consiste essencialmente na resolução de exercícios de aplicação dos conteúdos teóricos, à semelhança dos exercícios propostos nas aulas.

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

The theoretical components necessary to achieve the learning objectives are taught in scheduled classes, complemented with the support of the teacher in the office hours, whenever required.

These lectures take place with an oral presentation of the subjects, followed by examples that allow a better understanding of theoretical concepts.

The discussion of the proposed exercises, in group or with the assistance of the teacher, is an adopted pedagogical practice essential for the student to learn to overcome their difficulties. In this way, we intend to help students to better learn the taught subjects, to encourage teamwork and critical capacities, and also to encourage students to study on an ongoing basis throughout the semester.

The acquisition of knowledge is assessed in a written exam. The written evaluation consists essentially in the resolution of exercises where the theoretical concepts are applied, as it is with the exercises proposed in classes.

3.3.9. Bibliografia principal:

G. Baumslag, Topics in combinatorial group theory, Springer, 1993.

O. Bogopolski, Introduction to group theory, EMS, 2008.

W. Dicks and M. Dunwoody, Groups acting on graphs, Cambridge University Press, 1989.

R. Lyndon and P. Schupp, Combinatorial group theory, Springer, 2001.

P. de la Harpe, Topics in geometric group theory. Chicago lectures in Mathematics, University of Chicago Press, Chicago, IL, 2000.

J. Rotman, An introduction to the theory of groups, Springer, 4th Ed, 1995.

Mapa IV - Teoria de Grafos / Graph Theory

3.3.1. Unidade curricular:

Teoria de Grafos / Graph Theory

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Teresa Maria Jerónimo Sousa – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Carlos Manuel Saiago

Maria do Rosário Silva Franco Fernandes

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

1. Dominar a linguagem matemática de Teoria de grafos e as suas aplicações à sua área de investigação.

2. Modelar problemas do mundo real usando resultados e conceitos de Teoria de Grafos.

3. Procurar soluções a problemas do mundo real usando resultados e algoritmos de Teoria de Grafos.

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

1. Master a new mathematical language and its applications to the student's research area.

2. Model a real world problem using concepts and results from Graph Theory.

3. Search solutions for real world problems using results and algorithms from Graph Theory.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

O programa da disciplina será seleccionado de entre os seguintes tópicos:

1. Representações de grafos, subgrafos, caminhos e ciclos.

2. Conexidade: Grafos Bipartidos; Árvores e os algoritmos de Kruskal e Prim.

3. Grafos Eulerianos e Hamiltonianos.

4. Conjuntos independentes e cliques.

5. Coloração de grafos e o teorema das 4 cores (sem demonstração).

6. Grafos planares.

7. Empacotamentos e coberturas.

8. Grafos perfeitos.

9. Emparelhamentos em grafos bipartidos e não bipartidos.

10. Decomposições de grafos.

11. Teoria de grafos extrema.

12. Teoria de Ramsey.

13. Método probabilístico no estudo de teoria de grafos extrema e teoria de Ramsey.

14. Grafos aleatórios.

3.3.5. Syllabus:

The program of the discipline will be chosen among the following topics:

1. Graph representation, subgraphs, paths and cycles.

2. Connectivity: Bipartite graphs, Trees, Kruskal and Prim algorithms.

3. Eulerian and Hamiltonian graphs.

4. Stable sets and cliques.

5. Graph coloring and the 4 color theorem (without proof).

6. Planar Graphs.

7. Packing and covering.

8. Perfect graphs.

9. Matchings.

10. Graph decomposition.

11. Extremal Graph Theory.

12- Ramsey Theory.

13. The probabilistic method.

14. Random Graphs.

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

Os tópicos abordados nesta unidade curricular pretende introduzir o aluno à linguagem da teoria de grafos e às suas aplicações a problemas quer teóricos quer problemas do mundo real. Deste modo, começa-se pela introdução de conceitos básicos passando gradualmente a conteúdos mais elaborados sempre com a apresentação de exemplos da sua aplicabilidade e importância a problemas do mundo real.

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

The topics proposed in this course will be mainly an introduction to the graph theory language as well as its applications to several problems. These problems be theoretical or a real world problem. Basic concept will be presented first and then results will applications to real world problems will be presented. Students will always be presented with real problems as an example to theoretical concepts introduced.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas onde o docente apresentará o programa proposto e apresentações feitas pelos alunos de um artigo de investigação científica escolhido pelo docente e pelo aluno de acordo com os seus interesses pessoais.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Lectures where the main topics will be presented. Each student should also present a research paper on a topic of his interest.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

Aulas teóricas onde o docente apresentará o programa proposto complementado com exemplos. Os alunos apresentarão um artigo de investigação científica escolhido de acordo com os seus interesses pessoais.

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

Lectures where the main topics will be presented. Each student should also present a research paper on a topic of his interest.

3.3.9. Bibliografia principal:

B. Bolobas, Extremal Graph Theory, Dover, 2004.

R. Diestel, Graph Theory, 4th edition, Springer, 2010.

F. Harary, Graph Theory, Addison-Wesley, 1972.

D.B. West, Introduction to Graph Theory, 2nd Edition, Prentice Hall, 2005.

Mapa IV - Teoria de Operadores / Operator Theory**3.3.1. Unidade curricular:**

Teoria de Operadores / Operator Theory

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Oleksiy Karlovych – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Cláudio António Rainha Aires Fernandes – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências básicas na área de teoria de operadores que lhe permitam:

- Compreender conteúdos mais avançados na área;
- Ser capaz de iniciar investigação num tópico da área.

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

At the end of this course students will have acquired basic knowledge and skills in the area of operator theory in order to:

- Understand advanced contents in the area;
- Being able to start research on a topic in the area.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Operadores lineares em espaços de Banach. Operadores lineares fechados. Espaços complementados e projeções. Operadores compactos. Operadores lateralmente invertíveis.
2. Operadores de Fredholm. Operadores normalmente solúveis. Regularização. Índice e traço. Perturbação com norma pequena. Perturbação compacta.
3. Álgebras de Banach. Invertibilidade e espectro. Ideais maximais e representações. Alguns exemplos.
4. Princípios locais. Teoria de Gelfand. Princípio local de Allan. Localização que preserve a norma. Princípio local de Gohberg-Krupnik. Princípio local de Simonenko. Álgebras-PI e álgebras-QI.
5. Álgebras de Banach geradas por idempotentes. Álgebras geradas por dois idempotentes. Teorema dos N -idempotentes. Álgebras com "flip".
6. Operadores de Toeplitz com símbolos contínuos e seccionalmente contínuos. Critérios de Fredholm. Álgebras de Banach de operadores de Toeplitz.

3.3.5. Syllabus:

1. Linear operators on a Banach space. Closed linear operators. Complemented subspaces and projections. Compact operators. One-sided invertible operators.
2. Fredholm operators. Normally solvable operators. Regularization. Index and trace. Perturbations small in norm. Compact perturbations.
3. Banach algebras. Invertibility and spectrum. Maximal ideals and representations. Some examples.
4. Local principles. Gelfand theory. Allan's local principle. Norm-preserving localization. Gohberg-Krupnik's local principle. Simonenko's local principle. PI-algebras and QI-algebras.
5. Banach algebras generated by idempotents. Algebras generated by two idempotents. An N -idempotents theorem. Algebras with flip.
6. Toeplitz operators with continuous and piecewise continuous symbols. Fredholm criteria. Banach algebras of Toeplitz operators.

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

O programa contempla todos os aspetos essenciais para atingir os objetivos de aprendizagem. A bibliografia recomendada abrange todos os itens do programa, permitindo que os alunos possam, com o apoio do professor, desenvolver de forma equilibrada todos os conhecimentos e capacidades necessárias ao bom cumprimento dos objetivos.

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

The program covers all aspects essential to achieve learning objectives. The recommended bibliography covers all items of the program, allowing students, with teacher support, to develop in a balanced way all knowledge and skills necessary for the proper fulfillment of the objectives.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são teórico-práticas, alternando sessões teóricas e sessões práticas de modo conveniente. Nas sessões teóricas expõem-se os conteúdos da disciplina, ilustrando-os com exemplos de aplicação. Nas sessões práticas os alunos serão chamados a resolver exercícios e a elaborar demonstrações de alguns dos resultados apresentados. Quaisquer dúvidas são esclarecidas ou no decorrer das aulas, ou nas sessões destinadas a atendimento de alunos ou ainda em sessões extra acordadas diretamente entre aluno e professor. Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Classes are theoretical-practical, alternating theoretical sessions and practical sessions as convenient. In theoretical sessions the contents of the course are exposed and illustrated with examples. In practical sessions students will be asked to solve problems and elaborate demonstrations of some of the results presented. Any questions/doubts are clarified during classes or tutorial sessions or even in extra sessions combined directly between student and teacher. Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas em sessões teóricas, com o apoio adicional dos horários de atendimento. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames) ou orais (exames/exposições). As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas em todas as formas de horas de contacto: nas sessões teóricas através da exposição e discussão dos conceitos fundamentais da disciplina e nas sessões práticas, com o apoio adicional dos horários de atendimento, através da resolução de problemas com apoio do docente.

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

The theoretical components necessary to achieve the learning objectives are taught in lecture sessions, with additional support of tutorial sessions. The acquisition of knowledge is assessed with written (tests/exams) or oral (examinations/seminars) evaluations. The practical components necessary to achieve the learning objectives are developed in all forms of contact hours: the theoretical sessions through exposition and discussion of the

fundamental concepts of the discipline and the practical sessions, with additional support of tutorial sessions, through problem solving with the help of the teacher.

3.3.9. Bibliografia principal:

- A. Böttcher, B. Silbermann, Analysis of Toeplitz operators, Springer, 2006.*
R. Douglas, Banach algebras techniques in operator theory, Springer, 1998.
I. Gohberg, S. Goldberg, R. Kaashoek, Basic classes of linear operators, Birkhäuser, 2003.
I. Gohberg, N. Krupnik, One-dimensional linear singular integral operators, vol. 1, Birkhäuser, 1992.
C. Murphy, C-algebras and operator theory, Academic Press, 1990.*
S. Roch, P.A. Santos, B. Silbermann, Non-commutative Gelfand theories, Springer, 2011.

Mapa IV - Tese de Álgebra e Lógica / Thesis in Algebra and Logic

3.3.1. Unidade curricular:

Tese de Álgebra e Lógica / Thesis in Algebra and Logic

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Vítor Hugo Bento Dias Fernandes - OT:84h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

- António José Mesquita da Cunha Machado Malheiro - OT:84h*
Carlos Manuel Saiago - OT:84h
Gonçalo Tabuada - OT:84h
Herberto de Jesus da Silva - OT:84h
Isabel Maria da Silva Cabral Inglês Esquível - OT:84h
Isabel Maria Oitavem Fonseca da Rocha Kahle - OT:84h
Joaquim Eurico Anes Duarte Nogueira - OT:84h
Jorge Manuel Leocádio André - OT:84h
Júlia Maria Nunes Loureiro Vaz de Carvalho - OT:84h
Manuel Almeida Silva - OT:84h
Manuel Messias Rocha de Jesus - OT:84h
Maria do Rosário Silva Franco Fernandes - OT:84h
Maria Helena Coutinho Gomes de Almeida Santos - OT:84h
Reinhard Josef Klaus Kahle - OT:84h
Teresa Maria Jerónimo Sousa - OT:84h

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

Elaboração de uma tese de doutoramento.

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

Elaboration of a PhD thesis.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Depende do tópico da tese.

3.3.5. Syllabus:

Depends on the topic of the thesis.

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

A coerência os conteúdos programáticos é baseada na competência do orientador da tese.

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

The coherence of the programmatic content is based on the competence of the thesis supervisor.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho individual do aluno sobre orientação do orientador. Defesa de tese no âmbito do regulamento em vigor.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Individual work of the students under supervision of the supervisor. Defense of the thesis according to the regulations.

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

A metodologia é a forma tradicional e bem-sucedida de orientação de teses em Matemática.

3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:
The methodology is the traditional and successful form of thesis supervision in Mathematics.

3.3.9. Bibliografia principal:
De acordo com o tema da tese escolhido.

Mapa IV - Tese de Análise e Geometria / Thesis in Analysis and Geometry

3.3.1. Unidade curricular:
Tese de Análise e Geometria / Thesis in Analysis and Geometry

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:
Oleksiy Karlovych - OT:84h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Ana Cristina Malheiro Casimiro - OT:84h
Ana Margarida Fernandes Ribeiro - OT:84h
Bento José Carrilho Miguens Louro - OT:84h
Cláudio António Rainha Aires Fernandes - OT:84h
Fabio Augusto da Costa Carvalho Chalub - OT:84h
Filipe Serra de Oliveira - OT:84h
João Nuno Gonçalves Faria Martins - OT:84h
José Maria Nunes de Almeida Gonçalves Gomes - OT:84h
Luís Manuel Trabucho de Campos - OT:84h
Magda Stela de Jesus Rebelo - OT:84h
Maria do Céu Cerqueira Soares - OT:84h
Maria Fernanda Almeida Cipriano Salvador Marques - OT:84h
Maria Luísa Martins Macedo de Faria Mascarenhas - OT:84h
Nadir Arada - OT:84h
Nuno Filipe Marcelino Martins - OT:84h
Paula Cristiana Costa Garcia da Silva Patricio Rodrigues - OT:84h
Paulo José Fernandes Louro Ribeiro Doutor - OT:84h
Rogério Ferreira Martins - OT:84h

3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Elaboração de uma tese de doutoramento.

3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
Elaboration of a PhD thesis.

3.3.5. Conteúdos programáticos:
Depende do tópico da tese.

3.3.5. Syllabus:
Depends on the topic of the thesis.

3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
A coerência os conteúdos programáticos é baseada na competência do orientador da tese.

3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:
The coherence of the programmatic content is based on the competence of the thesis supervisor.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
Trabalho individual do aluno sobre orientação do orientador. Defesa de tese no âmbito do regulamento em vigor.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):
Individual work of the students under supervision of the supervisor. Defense of the thesis according to the regulations.

3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
A metodologia é a forma tradicional e bem-sucedida de orientação de teses em Matemática.

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

The methodology is the traditional and successful form of thesis supervision in Mathematics.

3.3.9. Bibliografia principal:

De acordo com o tema da tese escolhido.

Mapa IV - Tese de Investigação Operacional / Thesis in Operations Research

3.3.1. Unidade curricular:

Tese de Investigação Operacional / Thesis in Operations Research

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Jorge Orestes Lasbarrères Cerdeira - OT:84h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Ana Luísa da Graça Batista Custódio - OT:84h

Graça Maria Marques da Silva Gonçalves - OT:84h

Isabel Cristina Silva Correia - OT:84h

Lídia Ludovina Lampreia Ceiro Pica Lourenço - OT:84h

Manuel Valdemar Cabral Vieira - OT:84h

Maria do Carmo Proença Caseiro Brás - OT:84h

Maria Isabel Azevedo Rodrigues Gomes - OT:84h

Nelson Fernando Chibeles Pereira Martins - OT:84h

Paula Alexandra da Costa Amaral Jorge - OT:84h

Susana Maria Marques Henriques Botelho Baptista - OT:84h

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

Elaboração de uma tese de doutoramento.

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

Elaboration of a PhD thesis.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Depende do tópico da tese.

3.3.5. Syllabus:

Depends on the topic of the thesis.

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

A coerência os conteúdos programáticos é baseada na competência do orientador da tese.

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

The coherence of the programmatic content is based on the competence of the thesis supervisor.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho individual do aluno sobre orientação do orientador. Defesa de tese no âmbito do regulamento em vigor.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Individual work of the students under supervision of the supervisor. Defense of the thesis according to the regulations.

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

A metodologia é a forma tradicional e bem-sucedida de orientação de teses em Matemática.

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

The methodology is the traditional and successful form of thesis supervision in Mathematics.

3.3.9. Bibliografia principal:

De acordo com o tema da tese escolhido.

Mapa IV - Tópicos de Álgebra Comutativa e Geometria Algébrica/Topics Commutative Algebra Algebraic Geometry

3.3.1. Unidade curricular:

Tópicos de Álgebra Comutativa e Geometria Algébrica/Topics Commutative Algebra Algebraic Geometry

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Ana Cristina Malheiro Casimiro – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

João Nuno Gonçalves Faria Martins – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam aplicar técnicas de álgebra comutativa e de geometria algébrica. Mais especificamente, será introduzido o conceito de variedade algébrica, o Hilbert's Nullstellensatz, a teoria de feixes, aplicação à geometria analítica local, divisores e fibrados vetoriais. Ficarà a conhecer temas de investigação nestas duas áreas da matemática.

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

The student is supposed acquire basic knowledge on Commutative Algebra and Algebraic Geometry. At the end of the curricular unit students should have the abilities to work and apply techniques from Algebraic Geometry. Namely, it will be introduced the notion of algebraic variety, the Hilbert's Nullstellensatz, sheaf theory, application to local analytic geometry, divisors and vector bundles. The student will learn topics of research in these two areas of mathematics.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Variedades Algébricas: topologia de Zariski, variedades afins, variedades projetivas, variedades complexas analíticas, morfismos de variedades, dimensão, pontos singulares, espaço e cone tangente.*
- 2. Teoria de feixes: definição de feixe, exemplos de feixes, cohomologia.*
- 3. Aplicação à geometria analítica local: expansão de Puiseux, introdução à utilização do "Singular".*
- 4. Divisores: definição, grau, equivalência linear, Teorema de Riemann-Roch.*
- 5. Fibrados vetoriais sobre curvas algébricas. (opcional)*

3.3.5. Syllabus:

- 1. Algebraic Varieties: Zariski topology, affine and projective varieties, analytic complex varieties, morphisms of varieties, dimension, singular points, tangent space and cone.*
- 2. Theory of sheaves: definition of sheaf, examples of sheaves, cohomology.*
- 3. Application to the local analytic geometry: Puiseux expansion, introduction to "Singular".*
- 4. Divisors: definition, degree, linear equivalence, Riemann-Roch Theorem.*
- 5. Vector bundles on algebraic curves (optional).*

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

No tema 1, introduz-se o conceito de topologia de Zariski e define-se variedade algébrica afim e projetiva. No tema 2 estudamos a teoria de feixes que nos permite de uma forma sistemática acompanhar a informação local algébrica num espaço topológico. No tema 3 fazemos uma aplicação à geometria analítica local onde exploraremos o programa informático "Singular". No tema 4 damos a noção de divisor que é uma ferramenta importante para o estudo da geometria intrínseca de uma variedade. No tema 5 (opcional), falamos de fibrados vetoriais sobre curvas algébricas.

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

In the first chapter we introduce the concept of Zariski topology and define affine and projective algebraic variety. In chapter 2 we study the theory of sheaves which allow us to in a systematic way to keep track of the algebraic local information on a topological space. In chapter 3, we do an application to the local analytic geometry where we explore the computational resource "Singular". In chapter 4 we introduce the notion of a divisor which is an important tool to the study of the intrinsic geometry of a variety. In the last (optional) chapter we talk about vector bundles on algebraic curves.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas estão divididas em aulas teóricas e aulas práticas, nas primeiras o professor expõe o conteúdo teórico com exemplos de aplicação, e nas aulas práticas é pedido aos alunos que apresentem no quadro a resolução de exercícios propostos.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The classes are divided in theoretical and practical classes, at the first ones the professor explain the theoretical content with examples of application, at the last ones it is asked for the students to present the resolution of proposed exercises.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

As componentes teóricas determinadas nos objetivos da unidade curricular são lecionadas nas aulas teóricas onde também se apresentam exercícios práticos para ilustrar conceitos e resultados. A aprendizagem é consolidada com a componente das aulas práticas, o estudo autónomo do aluno e, se necessário, utilizando o horário de atendimento dos docentes. A frequência na unidade curricular pretende assegurar que os alunos acompanham a matéria. A avaliação de conhecimentos é efetuada através de trabalhos escritos e orais.

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

The main concepts specified in the goals of the course are explained in the theoretical lectures in which some practical problems are also presented as an illustration of concepts or results. Learning is consolidated with the component of the practical classes, the student's self-study and, if necessary, using the office hours of teachers. The frequency in the course aims to ensure that students follow the matter. The assessment is made through written and oral work done by the students.

3.3.9. Bibliografia principal:

*M.F. Atiyah and I.G. Macdonald, Introduction to Commutative Algebra, Westview Press (Perseus Books Group), 1969.
D. Eisenbud. Commutative Algebra with a view toward Algebraic Geometry, Springer, 1995.
M. Reid. Undergraduate Commutative Algebra, London Mathematical Society, 1995.
G.M. Greuel and G. Pfister, A Singular Introduction to Commutative Algebra, Springer, 2002.
R. Hartshorne, Algebraic Geometry, Springer, 1977.
R. Miranda, Algebraic Curves and Riemann surfaces, American Mathematical Society, 1995.
Thei de Jong and G. Pfister, Local Analytic Geometry, Vieweg, 2000.*

Mapa IV - Tópicos de Análise Avançada / Topics of Advanced Analysis

3.3.1. Unidade curricular:

Tópicos de Análise Avançada / Topics of Advanced Analysis

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Fábio Augusto da Costa Carvalho Chalub – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Ana Margarida Fernandes Ribeiro – TP:56h

Filipe Serra de Oliveira – TP:56h

Maria Luísa Martins Macedo de Faria Mascarenhas – TP:56h

Oleksiy Karlovych – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências básicas em alguma área de investigação em Análise que lhe permitam:

- Compreender conteúdos mais avançados na área;
- Ser capaz de iniciar investigação num tópico da área.

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

At the end of this course students will have acquired basic knowledge and skills in one of the research areas in Analysis in order to:

- Understand advanced contents in the area;
- Being able to start research on a topic in the area.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

O conteúdo programático é variável, incluindo, de forma não exclusiva,

- análise harmónica;
- métodos matemáticos em genética populacional;
- métodos para equações diferenciais não lineares dispersivas;
- métodos para inclusões diferenciais;
- métodos variacionais em ciência dos materiais ou processamento de imagem;
- teoria geométrica da medida e funções de variação limitada.

3.3.5. Syllabus:

The syllabus will depend on the interests of students and professor and may include

- harmonic analysis;

- *mathematical methods in population genetics;*
- *methods for nonlinear dispersive differential equations;*
- *methods for differential inclusions;*
- *variational methods in material science or image processing;*
- *geometric measure theory and bounded variation functions.*

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

Os possíveis conteúdos programáticos são diretamente relacionados com as áreas de investigação do departamento/centro, e portanto tem por objetivo preparar o aluno para o desenvolvimento de tese.

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

All possible syllabi are related to the research areas of the department/centre and therefore have as main goal to prepare the student to the development of a PhD thesis.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas expositivas e estudo individualizado. Exercícios para resolução em casa, exames escritos e seminários.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Expository classes and individual studies. Homework, written exams and seminars.

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

As aulas expositórias serão sobre os tópicos do programa, assim como as avaliações.

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

Classes will be given in the topics of the program. Students will be evaluated in the topics of the program.

3.3.9. Bibliografia principal:

- J. Duoandikoetxea, Fourier Analysis, American Mathematical Society, 2001.*
W.J. Ewens, Mathematical Population Genetics. I: Theoretical Introduction, Springer, 2004.
F. Linares and G. Ponce, Introduction to Nonlinear Dispersive Equations, Springer, 2009.
B. Dacorogna, P. Marcellini, Implicit Partial Differential Equations, Birkhäuser, 1999.
G. A. Pavliotis, A. Stuart, Multiscale Methods: Averaging and Homogenization, Springer, 2008.
G. Auber, P. Kornprobst, Mathematical Problems in Image Processing, Springer, 2006.
L. Ambrosio, N. Fusco, D. Pallara, Functions of Bounded Variation and Free Discontinuity Problems, Oxford University Press, 2000.

Mapa IV - Tópicos de Física-Matemática / Topics of Mathematical Physics

3.3.1. Unidade curricular:

Tópicos de Física-Matemática / Topics of Mathematical Physics

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

João Nuno Gonçalves Faria Martins – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Maria Fernanda Almeida Cipriano Salvador Marques – TP:56h

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

Pretende-se que os alunos fiquem a conhecer os aspetos matemáticos fundamentais de algumas modernas teorias físicas. O rigor matemático será enfatizado. A disciplina constará dos conteúdos 1 ou 2 ou 3, ou outros tópicos, mediante aprovação pelo professor responsável. Pretende-se que os alunos compreendam os conteúdos mais avançados na área escolhida, com ênfase especial nos detalhes matemáticos; por forma a serem capazes de iniciar investigação num tópico da área.

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

Familiarize the students with the mathematical aspects of some physical theories. Mathematical rigor will be emphasized. The course will consist of contents 1, 2 or 3, or other aspects, subject to the approval of the responsible professor. We intend that the students understand advanced topics in the chosen specific area of Mathematical Physics, with special emphasis on its mathematical foundations, in order that they are capable of pursuing research in the area.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Grupos quânticos e Teoria quântica do campo topológica:

Álgebras de Hopf. Álgebras de Lie. Representações. Álgebra envolvente universal. Álgebra envolvente universal quantizada. Matrizes R. Equação de Yang-Baxter. Invariantes de nós e enlacs. Teoria quântica do campo topológica.

2. Teoria dos Grandes Desvios e Mecânica Estatística:

Teoria dos grandes desvios. Aplicação da teoria dos grandes desvios à mecânica estatística: Modelo de gás ideal, Modelos ferromagnéticos, Modelos magnéticos.

3. Aproximação Euclideana da Mecânica Quântica:

Processo de Wiener. Processos de Itô. Integração funcional. Fórmulas de Feynman-Kac. Processos de Bernstein. Introdução ao cálculo de Malliavin. Fórmulas de integração por partes.

4. Outros tópicos. Por exemplo: relatividade geral, mecânica quântica, geometria simplética.**3.3.5. Syllabus:****1. Quantum Groups and Topological Quantum Field Theories:**

Hopf Algebras. Lie algebras. Representations. Enveloping algebra. Quantized universal enveloping algebras. R-matrices. Yang-Baxter equation. Knot and link invariants. Topological quantum field theories.

2. Large Deviations and Statistical Mechanics

Large deviations. Application of the Large Deviations theory to Statistical Mechanics: Ideal gas.

3. Ferromagnetic models. Magnetic models

Euclidean Quantum Mechanics Approximation

The Wiener process. Itô processes. Functional Integration. Feynman-Kac formulas. Bernstein processes. Introduction to the Malliavin Calculus. Integration by parts formula.

4. Other topics. For example: General relativity, quantum mechanics, symplectic geometry.**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

O rigor matemático será enfatizado. Dessa forma os aspetos a abordar serão localizados, dando-se preferência a uma boa estruturação matemática.

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

Mathematical precision will be emphasized. Each topic will therefore be localized in scope, however being very well structured mathematically.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas, com exposição oral de matéria e resolução de problemas. A avaliação consiste na realização de uma série de problemas que serão propostos ao longo do semestre e para os quais é dado apoio individual, sempre que solicitado. Alternativamente, existirá um exame escrito, complementado, se necessário, por uma prova oral.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Theoretical-Practical classes, presenting the matter of the course, complemented by problem solving. The evaluation of the students will be based in the marks of exercise sheets, proposed along the semester, for which support is given, whenever requested. Alternatively, there will be a written examination, possibly complemented by an oral examination.

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

Havendo 4 horas semanais de aulas teórico-práticas, bem como horários de atendimento, haverá certamente horas de contacto suficientes para um aluno conseguir acompanhar a matéria da unidade curricular. As séries de exercícios serão o mais completas e avançadas possíveis, sendo a resolução destes a melhor maneira de os alunos progredirem na aprendizagem da unidade curricular. Dessa forma a avaliação será exclusivamente baseada na correção das séries de exercícios, embora pesada com a discussão destas. Um exame final complementar a avaliação em casos esporádicos.

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

Since there are 4 hours of theoretical-practical classes per week, as well as office hours, there will certainly be enough contact hours for a student to keep up to the matter of the course. The series of proposed exercises will be as complete and advanced as possible. Solving a great number of these is surely the best way for the students to progress in the course. Therefore the evaluation of the students will be entirely based on the marks of these problem sets, although weighted by their discussion in the classes. A final exam will complement, in sporadic cases, the evaluation via exercise sheets.

3.3.9. Bibliografia principal:

C. Kassel, Quantum Groups, Springer, New York, 1995.

V.G. Turaev: Quantum Invariants of Knots and 3-Manifolds.. Walter de Gruyter, 2010.

R.S. Ellis, Entropy, Large deviations and Statistical Mechanics, Springer, New York, 2006.

R. Feynman and A.R. Hibbs, Quantum Mechanics and Path integrals, McGraw-Hill, New York, 1965.

E. Nelson, Dynamical Theories of Brownian Motion, Princeton Univ. Press, 1967.

E. Nelson, Quantum Fluctuations, Princeton Univ. Press, 1985.

Mapa IV - Tópicos de Lógica Matemática / Topics of Mathematical Logic

3.3.1. Unidade curricular:

Tópicos de Lógica Matemática / Topics of Mathematical Logic

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Reinhard Josef Klaus Kahle – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Isabel Maria Oitavem Fonseca da Rocha Kahle

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências avançadas na área de lógica matemática, nomeadamente na teoria de demonstração, que lhe permitam:

- *Compreender conteúdos avançados na área;*
- *Ser capaz de executar investigação num tópico da área.*

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

At the end of this course students will have acquired advanced knowledge and skills in the area of mathematical logic, in particular in proof theory, in order to:

- *Understand advanced contents in the area;*
- *Being able to execute research on a topic in the area.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Tópicos avançados de teoria da demonstração: cálculo de Tait, eliminação do corte, análise de ordinais, impredicatividade de sistemas axiomáticos, colapso de números ordinais, compreensão Π^1_2 .

3.3.5. Syllabus:

Advanced topics in proof theory: Tait calculus, cut elimination, ordinal analysis, impredicativity of axiomatic systems, collaps of ordinal numbers, Π^1_2 comprehension.

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

O conteúdo programático da cadeira é concebido numa forma que, num lado, os tópicos apresentados seguem a sua sucessão sistemática e, noutro lado, que resultam numa forma natural nos objetivos da unidade curricular.

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

The syllabus is conceived in a way that, on the one hand, the items of the given programme are in their systematic order, and on the other hand, that they lead in a natural way to the objectives of the lecture course.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino, incluindo aulas teórico-práticas participadas e trabalho do aluno, segue da tradição bem-sucedida na Matemática no espírito de Felix Klein.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The teaching methodology, comprising class-room presentations and work of the student, follows the successful tradition of mathematic teaching in the spirit of Felix Klein.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

A combinação de apresentações do professor com trabalho próprio do aluno a garantia principal para o sucesso de ensino matemático.

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

The combination of presentations of the professor with own work by the student is the principal guarantee for the success of mathematical teaching.

3.3.9. Bibliografia principal:

*J. Barwise, ed., Handbook of Mathematical Logic, North-Holland, 1977.
W. Pohlers, Proof Theory: An Introduction, Springer, 2002.*

Mapa IV - Tópicos de Otimização Combinatória / Topics of Combinatorial Optimization

3.3.1. Unidade curricular:

Tópicos de Otimização Combinatória / Topics of Combinatorial Optimization

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Jorge Orestes Lasbarrères Cerdeira – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Isabel Cristina Silva Correia – TP:56h

Lídia Ludovina Lampreia Ceiro Pica Lourenço – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitem abordar diferentes problemas de otimização combinatória.

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

Development of knowledge, skills and competences to address a wide variety of combinatorial optimization problems.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Tópicos a selecionar de entre:

- 1. Generalidades sobre grafos;*
- 2. Poliedros*
- 3. Emparelhamentos e coberturas em grafos bipartidos*
- 4. Fluxos*
- 5. Emparelhamentos em grafos não bipartidos*
- 6. Matroides*
- 7. Complexidade computacional*
- 8. Programação linear inteira e matrizes totalmente unimodulares*

3.3.5. Syllabus:

Topics to select from

- 1. Graphs*
- 2. Polytopes*
- 3. Matchings and covers in bipartite graphs*
- 4. Flows*
- 5. Matchings in nonbipartite graphs*
- 6. Matroids*
- 7. Computational complexity*
- 8. Integer linear programming and totally unimodular matrices*

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

Grafos e poliedros são os pilares em que assenta a Otimização Combinatória (OC). O programa começa com estes dois tópicos (pontos 1 e 2). Os emparelhamentos têm tido um papel catalisador no desenvolvimento métodos gerais em combinatória. Os pontos 3, 4 e 5 do programa destinam-se ao estudo dos emparelhamentos e problemas relacionados. Os matróides são estruturas combinatorias gerais, intimamente relacionados com a eficiência de algoritmos para problemas de OC. Os matroides e a eficiência de algoritmos são tratados nos pontos 6 e 7, respetivamente, do programa. A teoria dos poliedros combinatorios constitui último tópico (ponto 8 do programa) da uc.

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

Graphs and polyhedra are the cornerstones of Combinatorial Optimization (CO). The program begins with these two topics (points 1 and 2). Matchings have played a catalytic role in developing general methods in combinatorics. Points 3, 4 and 5 of the program is dedicated to the study of matchings and related problems. The matroids are general combinatorial structures, closely related to the efficiency of algorithms for CO problems. Matroids and efficiency of algorithms are discussed in sections 6 and 7, respectively, of the program. The theory of combinatorial polyhedra is the last topic (point 8) of the programme.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A uc funciona em aulas teórico-práticas, onde se apresentam os conceitos teóricos e se efetuam demonstrações de alguns resultados e onde são resolvidos e discutidos exercícios propostos; estudo fora das salas de aula, onde o aluno, com recurso ao material disponibilizado e com o apoio do docente, nas aulas e em períodos de atendimento pré-estabelecidos, assimila a matéria teórica e procura resolver os exercícios sugeridos para realizar em ambiente não presencial.

Durante o período letivo será realizado um teste e, elaborado e apresentado oralmente, um relatório escrito sobre um assunto a definir. O aluno pode também optar por realizar um exame final.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The course consist of lectures where presentations of theoretical concepts, proofs, and resolution and discussion of proposed exercises are conducted; and study outside the classroom, where the student, individually and in groups, using the available material and the support of teachers, in classes and in periods of service pre-established, assimilates the theoretical material and seeks to solve the suggested exercises.

During the semester there will be one test and the presentation of a work on a specific topic. The student can choose to be approved on a final exam.

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

Os tópicos necessários para atingir os objetivos estabelecidos para a unidade curricular são ministrados nas aulas teórico-práticas, com o apoio do docente em horários de atendimento aos alunos. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames) e numa apresentação oral. As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas em todas as formas de horas de contacto: nas aulas teórico-práticas através da análise e discussão de problemas-tipo. A avaliação destas competências é também realizada nas provas escritas e na prova oral.

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

The topics required to achieve the objectives established for the course are taught in problem-solving sessions, with the support of teachers in in pre-established schedules reserved for the students' attendance. The acquisition of knowledge is assessed in written tests (tests / exams) and in an oral presentation. The practical components necessary to achieve the learning objectives are developed in all forms of contact: in classes through analysis and discussion-type problems. The assessment of these skills is also performed in the written tests and oral tests.

3.3.9. Bibliografia principal:

B. Korte, J. Vygen, Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms, Springer, 2012.

L. Lovász and M.D. Plummer, Matching Theory, North-Holland Mathematics Studies, 1986.

A. Schrijver, Combinatorial Optimization: Polyhedra and Efficiency. Algorithms and Combinatorics, Springer, 2003.

A. Schrijver, A Course in Combinatorial Optimization, 2013 available from <http://homepages.cwi.nl/~lex/files/dict.pdf>

D.B. West, Introduction to Graph Theory, Prentice Hall, 2001.

Mapa IV - Tópicos de Otimização Não Linear / Topics of Non-Linear Optimization**3.3.1. Unidade curricular:**

Tópicos de Otimização Não Linear / Topics of Non-Linear Optimization

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Paula Alexandra da Costa Amaral – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Ana Luísa da Graça Batista Custódio – TP:56h

Manuel Valdemar Cabral Vieira – TP:56h

Maria do Carmo Proença Caseiro Brás – TP:56h

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

O objetivo desta unidade curricular é familiarizar o aluno com a programação não linear de modo a que as seguintes competências sejam adquiridas:

- ser capaz de formular problemas simples e conseguir distinguir a dificuldade associada à resolução do mesmo. - conhecer os métodos mais comuns para obtenção de óptimos locais com ou sem restrições.*
- distinguir os méritos e as fragilidades de cada método.*
- conhecer algumas técnicas de otimização global.*

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

The goal of this course is to develop skills in nonlinear programming including

- formulating the problems,*
- understanding the difficulty associated with different classes of problems,*

- *to know the basic methods for local optima of unconstrained or constrained problems;*
- *To be able to discuss the merits and fragilities of the most common methods.*
- *To know some strategies for global optimization.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. *Otimização não linear (ONL) sem restrições (Condições necessárias e suficientes de otimalidade; Métodos e convergência).*
2. *Otimização não linear com restrições (Fundamentos, Condições necessárias e suficientes de 1ª e 2ª ordem, Métodos, classes especiais de problemas).*
3. *Tópicos de otimização sem derivadas.*
4. *Tópicos de otimização global.*
5. *Tópicos de otimização cónica.*

3.3.5. Syllabus:

1. *Unconstrained nonlinear optimization (Optimality conditions, methods, algorithmic convergence)*
2. *Constrained nonlinear optimization (Optimality conditions and methods)*
3. *Topics in free derivatives optimization*
4. *Topics in global optimization.*
5. *Topics in conic optimization.*

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

A introdução dos conhecimentos é construtiva, sendo os capítulos anteriores uma base para o capítulo seguinte. Nenhum item pode ser considerado supérfluo. Procura-se desenvolver as competências com exercícios propostos.

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

Every chapter is a base for the next chapter. The introduction of subjects is progressive and highly correlated to previous mater. Practical exercises carefully chosen seek to consolidate the skills.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas, resolução de exercícios práticos, utilização de software para resolução de problemas. A avaliação compreende dois trabalhos práticos e um teste escrito.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Teaching includes theoretical lectures, practical exercises and software for solving medium size problems. Evaluation comprehends two assignments and a written test.

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

As metodologias de ensino permitem adquirir os conhecimentos necessários e os exercícios servem para consolidar esses conhecimentos garantindo assim que os objetivos são conseguidos.

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

The lecture classes introduce the subjects that are further developed and consolidated with exercises to ensure that the learning outcome is achieved.

3.3.9. Bibliografia principal:

- M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty, Nonlinear Programming, John Wiley, 1993.*
D.P.Bertsekas, Nonlinear Programming, Athena Scientific, 1995.
R. Horst, P.M. Pardalos, N.V. Thoai, Introduction to Global Optimization, Kluwer, 1995.
S. Nash, A. Sofer, Linear and Nonlinear Programming, McGraw-Hill, 1996.
J.Nocedal, S.J.Wright, Numerical Optimization, Springer, 1999.
H. Sherali, W. Adams, Reformulation-Linearization Techniques in Discrete and Continuous Optimization, Kluwer, 1999.
H. Tuy, Convex Analysis and Global Optimization, Kluwer, 1998.

Mapa IV - Tópicos de Semigrupos / Topics of Semigroups

3.3.1. Unidade curricular:

Tópicos de Semigrupos / Topics of Semigroups

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Vítor Hugo Bento Dias Fernandes – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):
António José Mesquita da Cunha Machado Malheiro – TP:56h

Manuel Messias Rocha de Jesus – TP:56h

Maria Helena Coutinho Gomes de Almeida Santos – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências básicas em teoria de semigrupos (regulares/finitos) que lhe permitam:

- *Compreender conteúdos mais avançados na área;*
- *Ser capaz de iniciar investigação num tópico da área.*

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

At the end of this course students will have acquired basic knowledge and skills in (regular/finite) semigroup theory in order to:

- *Understand advanced contents in the area;*
- *Being able to start research on a topic in the area.*

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Programa. A escolher entre:

A. Semigrupos regulares: propriedades gerais; a representação de Petrich; semigrupos regulares estritos; semigrupos de Clifford; bandas livres; variedades de bandas. Semigrupos inversos: propriedades gerais; semigrupos inversos fundamentais; semigrupos inversos bisimples; coberturas unitárias; o P-teorema de McAlister; semigrupos inversos livres. Algumas classes de semigrupos regulares: semigrupos localmente inversos; semigrupos regulares gerados por idempotentes; semigrupos ortodoxos; semigrupos pseudoinversos; semigrupos regulares E-unitários e o P-teorema de Szendrei.

B. Semigrupos finitos: relações de Green e homomorfismos; congruências minimais; produtos semidirectos e produtos em coroa; divisibilidade; o teorema de Krohn-Rhodes; a expansão de Rhodes; pseudovariiedades; operações implícitas e pseudoidentidades; o teorema de Reiterman; exemplos.

3.3.5. Syllabus:

Programme. To choose between:

A. Regular semigroups: general properties, the Petrich representation; strict regular semigroups; Clifford semigroups, free bands; varieties of bands. Inverse semigroups: general properties; fundamental inverse semigroups, bisimple inverse semigroups; unitary covers; the McAlister P-theorem; free inverse semigroups. Some classes of regular semigroups: locally inverse semigroups, regular semigroups generated by idempotents; orthodox semigroups; pseudoinverse semigroups; E-unitary regular semigroups and Szendrei P-theorem.

B. Finite Semigroups: Green relations and homomorphisms, minimal congruences; semidirect products and wreath products; divisibility; Krohn-Rhodes theorem; the Rhodes expansion; pseudovarieties; implicit operations and pseudoidentidades; Reiterman theorem; examples.

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

O programa contempla todos os aspetos referidos nos objetivos de aprendizagem. A bibliografia recomendada abrange todos os itens do programa, permitindo que os alunos possam, com o apoio do professor, desenvolver de forma equilibrada todos os conhecimentos e capacidades necessárias ao bom cumprimento dos objetivos.

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

The program covers all aspects mentioned in the learning objectives. The recommended bibliography covers all items of the program, allowing students, with teacher support, to develop in a balanced way all knowledge and skills necessary for the proper fulfillment of the objectives.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são teórico-práticas, alternado sessões teóricas e sessões práticas de modo conveniente. Nas sessões teóricas são expostos os conteúdos da disciplina, ilustrados com exemplos de aplicação. Nas sessões práticas os alunos serão chamados a resolver exercícios e a elaborar demonstrações de alguns dos resultados apresentados. Quaisquer dúvidas são esclarecidas no decorrer das aulas ou nas sessões destinadas a atendimento de alunos ou ainda em sessões extra combinadas diretamente entre aluno e professor.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que engloba todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

Classes are theoretical-practical, alternating theoretical sessions and practical sessions as is convenient. In theoretical sessions the contents of the course are exposed and illustrated with examples. In practical sessions students will be asked to solve problems and elaborate demonstrations of some of the results presented.

Any questions/doubts are clarified during classes or tutorial sessions or even in extra sessions combined directly

between student and teacher.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all the learning goals of the course.

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas em sessões teóricas, com o apoio adicional dos horários de atendimento. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames) ou orais (exames/exposições). As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas em todas as formas de horas de contacto: nas sessões teóricas através da exposição e discussão dos conceitos fundamentais da disciplina e nas sessões práticas, com o apoio adicional dos horários de atendimento, através da resolução de problemas com apoio do docente.

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

The theoretical components necessary to achieve the learning objectives are taught in lecture sessions, with additional support of tutorial sessions. The acquisition of knowledge is assessed with written (tests/exams) or oral (examinations/seminars) evaluations. The practical components necessary to achieve the learning objectives are developed in all forms of contact hours: the theoretical sessions through exposition and discussion of the fundamental concepts of the discipline and the practical sessions, with additional support of tutorial sessions, through problem solving with the help of the teacher.

3.3.9. Bibliografia principal:

J. Almeida, Finite Semigroups and Universal Algebra, World Scientific, 1994.

A.H. Clifford and J.B. Preston, The algebraic theory of semigroups, Amer. Math. Soc., 1967.

J.M. Howie, Fundamentals of semigroup theory, Oxford Univ. Press, 1995.

N.V. Lawson, Inverse Semigroups: the theory of partial symmetries, World Scientific, 1998.

M. Petrich, Inverse semigroups, Willey, 1984.

M. Petrich and N.R. Reilly, Completely regular semigroups, Willey, 1999.

J.-E. Pin, Varieties of formal languages, Plenum, 1986.

J.L. Rhodes and B. Steinberg, The q-theory of Finite Semigroups: A New Approach, Springer, 2009.

Mapa IV - Tópicos de Teoria de Computação / Topics of Computing Theory

3.3.1. Unidade curricular:

Tópicos de Teoria de Computação / Topics of Computing Theory

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Reinhard Josef Klaus Kahle – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

António José Mesquita da Cunha Machado Malheiro – TP:56h

Isabel Maria Oitavem Fonseca da Rocha Kahle – TP:56h

Vítor Hugo Bento Dias Fernandes – TP:56h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências avançadas na área de teoria de computação que lhe permitam:

- Compreender conteúdos avançados na área;
- Ser capaz de executar investigação num tópico da área.

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

At the end of this course students will have acquired advanced knowledge and skills in the area of computability theory in order to:

- Understand advanced contents in the area;
- Being able to execute research on a topic in the area.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Cálculo lambda: Cálculo lambda como modelo de computação. Cálculo lambda sem tipos: reduções, estratégias, confluência, números de Church, operadores de recursão. Cálculo lambda com tipos: tipos simples, normalização forte, polimorfismo parametrizado, algoritmo de tipificação.

E/ou:

Teoria de automatos: A hierarquia de Chomsky: linguagens, gramáticas e máquinas. Problemas de decisão.

E/ou:

Sistemas abstractos de redução: Sistemas de reescrita de termos: termos, substituições e identidades; álgebras livres; álgebras de termos; classes equacionais; problemas equacionais. Terminação: o problema de decisão; ordens

de redução; ordens de simplificação. Confluência: confluência e confluência local; o problema de decisão; pares críticos. Completude: o procedimento de Knuth-Bendix.

3.3.5. Syllabus:

Lambda-calculus: lambda-calculus a computational model. Untyped lambda calculus: reduction, strategies, confluence, Church numerals, recursion operators. Typed lambda calculus: simple types, strong normalization, parametrized polymorphism, type inference.

And/or:

Automata theory: The Chomsky hierarchy: languages, grammars and machines. Decision problems.

And/or:

Rewriting Systems: Abstract Reduction System. Term Rewriting Systems: terms, substitutions, and identities; free algebras; term algebras; equational classes; equational problems. Termination: the decision problem; reduction orders; simplification orders. Confluence: confluence and locally confluence; the decision problem; critical pairs. Completion: the Knuth-Bendix completion procedure.

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

O conteúdo programático da cadeira é concebido numa forma que, num lado, os tópicos apresentados seguem a sua sucessão sistemática e, noutro lado, que resultam numa forma natural nos objetivos da unidade curricular.

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

The syllabus is conceived in a way that, on the one hand, the items of the given programme are in their systematic order, and on the other hand, that they lead in a natural way to the objectives of the lecture course.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino, incluindo aulas teórico-práticas participadas e trabalho do aluno, segue da tradição bem-sucedida na Matemática no espírito de Felix Klein.

Os alunos poderão obter aprovação à disciplina por meio da realização de provas escritas (testes/trabalhos) ou orais (exames/exposições), a realizar durante o período de aulas. Em alternativa, poderão submeter-se a um exame final que englobe todos os conteúdos da disciplina.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The teaching methodology, comprising class-room presentations and work of the student, follows the successful tradition of mathematic teaching in the spirit of Felix Klein.

Students may obtain approval by performing written (tests/assignments) or oral (examinations/seminars) evaluations, to be held during class period. Alternatively, they may present themselves to a final exam that will test all learning goals of the course.

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

A combinação de apresentações do professor com trabalho próprio do aluno a garantia principal para o sucesso de ensino matemático e/ou teórico na área da Computação.

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

The combination of presentations of the professor with own work by the student is the principal guarantee for the success of mathematical and/or theoretical teaching in the area of Computation.

3.3.9. Bibliografia principal:

H. Barendregt, The Lambda Calculus, Elsevier, 1984.

J. van Leeuwen, Handbook of Theoretical Computer Science, 2 volumes, MIT Press, 1994.

J.E. Hopcroft, R. Motwani, J.D. Ullman, Introduction to Automata Theory, Languages and Computation, Addison Wesley, 2001.

D.C. Kozen, Automata and Computability, Springer, 1997.

J.M. Howie, Automata and Languages, Oxford University Press, 1991.

F. Baader and T. Nipkow. Term Rewriting and All That. Cambridge University Press, 1998.

Terese, Term Rewriting Systems, Cambridge University Press, 2003.

Mapa IV - Tópicos de Topologia e Geometria de Variedades / Topics on the Topology and Geometry of Manifolds

3.3.1. Unidade curricular:

Tópicos de Topologia e Geometria de Variedades / Topics on the Topology and Geometry of Manifolds

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

João Nuno Gonçalves Faria Martins – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Ana Cristina Malheiro Casimiro – TP:56h

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

Esta será uma unidade curricular essencialmente formativa, permitindo depois não só desenvolver investigação nos domínios de Geometria e Topologia Diferencial, mas também (e principalmente) nas numerosas áreas que fazem uso desta teoria (Física Matemática, Topologia Quântica, Topologia Algébrica, Geometria Algébrica, equações diferenciais, etc).

Após finalizarem esta unidade curricular, os alunos devem ter obtido conhecimentos básicos de Topologia e de Geometria Diferencial, nomeadamente da noção de espaço tangente e cotangente a uma variedade, campo vectorial, forma diferencial, derivadas de Lie, derivadas exteriores, integração em variedades e teorema de Stokes, fibrados vectoriais, conexões e holonomia. Será enfatizado que os alunos saibam demonstrar os resultados principais, sabendo também fazer cálculos em exemplos concretos.

Dependendo dos conhecimentos prévios ou dos futuros projetos de doutoramento, alguns tópicos adicionais podem ser lecionados, ver programa.

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

This unit will be essentially formative in areas of Differential Geometry and Differential Topology, permitting not only a student to develop research in these domains, but also (and mainly) in the several areas that make use of the theory (Mathematical Physics, Quantum Topology, Algebraic Topology, Algebraic Geometry, differential equations, etc.)

After completing this course the students will know the fundamentals of Differential Topology and Geometry, in particular, the notion of tangent and cotangent space to a manifold, vector field, differential form, Lie derivative, exterior derivative, integration on manifolds, Stokes' theorem, vector bundles, and connections and holonomy. It will be emphasized not only that the students know how to prove the main results but also that they know how to calculate in specific examples.

Depending on the background and personal interests of the students, or of their PhD projects, some additional topics may be covered; see syllabus.

3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Revisões de cálculo diferencial, álgebra multilinear e Topologia Geral.

2. Variedades diferenciais. Cartas locais. Funções diferenciáveis. Subvariedades. Teorema de Whitney.

3. Espaços tangente e cotangente. Campos vectoriais e tensoriais. Fluxo de um campo vectorial. Parêntesis de Lie. Formas diferenciais. Derivada de Lie. Derivada exterior. Teorema de Frobenius. Grupos de Lie.

4. Orientação. Integração de formas diferenciais. Teorema de Stokes.

5. Fibrados vectoriais. Conexões. Derivadas covariantes. Transporte paralelo. Geodésicas. Torção e curvatura. Variedades Riemannianas. Conexão de Levi-Civita.

6. Cohomologia de d'Rham. Invariância por homotopia. Grau de uma aplicação. Relação entre grau e integral. Índice de um campo vectorial. Característica de Euler.

7. Fibrados principais. Conexões e holonomia.

Os capítulos 6 e 7, podem ser dados em alternativa ou em parte. Os restantes podem ser em parte omitidos, dependendo dos conhecimentos dos alunos.

3.3.5. Syllabus:

1. Revision of differential calculus, multilinear algebra and general topology.

2. Differential manifolds. Local charts. Differentiable functions. Submanifolds. Whitney's theorem.

3. Tangent and cotangent space. Vector and tensor fields. Flux of a vector field. Lie bracket. Lie derivatives. Exterior derivatives. Frobenius theorem. Lie groups.

4. Orientation. Integration of differential forms. Stokes theorem.

5. Vector bundles. Connections on Manifolds. Covariant derivative. Parallel transport. Geodesics. Torsion and curvature. Riemannian manifolds. Levi-Civita connection.

6. D'Rham cohomology. Invariance under homotopy. Degree of a map. Relationship between degree and integral. Index of a vector field. Euler characteristic.

7. Principal fibre bundles. Connections and holonomy.

Sections 6 and 7 can be taught alternatively, or partially. Parts of the remaining sections can be omitted, depending on students' background.

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

Os primeiros quatro capítulos (de factos gerais e fundamentais sobre variedades) dão o background necessário para que os alunos possam abordar temas mais avançados: Fibrados vectoriais e conexões em variedades, geometria riemanniana, fibrados principais, Co-homologia d'Rham e grau uma aplicação. Os tópicos a lecionar dessa lista ficarão sob decisão do responsável, tendo em conta os interesses e background dos alunos.

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

The first four chapters, on general fundamental facts on differential manifolds, will give the students the background they need to address more advanced topics: Vector bundles and connections on manifolds, Riemannian Geometry, principal fibre bundles, d'Rham Co-homology and degree of a map. The topics of this list that will be covered will be decided annually by the responsible teacher, taking into account the interests and background of the students.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular funcionará com quatro horas semanais de aulas teórico-práticas. Haverá horários de atendimento. A aprendizagem autónoma dos alunos centrar-se-á na resolução de séries avançadas de exercícios, alguns contendo provas de resultados fundamentais.

Os alunos deverão entregar quinzenalmente séries de exercícios, propostas pelo docente. No final do semestre far-se-á a média ponderada das notas das séries de exercícios, que contará para a nota final com o peso de 75%. Da nota de cada série de exercícios fará parte a discussão de alguns destes. Cada aluno fará uma apresentação oral de cerca de 1 hora (por exemplo com uma demonstração completa de um teorema, explicação de uma secção de um livro ou artigo). A nota da apresentação contará para a nota final com o peso de 25 %.

Um aluno obtém frequência se tiver entregue todas as séries de exercícios propostas, exceto possivelmente uma.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The course will have 4 hours of theoretical-practical classes per week. Office hours will be offered. The autonomous learning by the students will be centered around solving advanced exercise sheets, some of which containing proofs of fundamental theorems.

The students must submit fortnightly series of exercises. The average of all grades will count towards the final mark of the course, with the weight of 75%. Of these grades, it will play a central part the discussion of some of the exercises.

Each student will make an oral presentation of 1 hour (with a complete proof of a theorem, explanation of section of a book or paper) The grade of the presentation will count towards the final mark with the weight of 25%.

A student obtains frequency if he/she has submitted all the series of exercises proposed, except possibly for one.

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

Havendo 4 horas semanais de aulas teórico-práticas, bem como horários de atendimento, haverá certamente horas de contacto suficientes para um aluno conseguir acompanhar a matéria da unidade curricular. As séries de exercícios serão o mais completas e avançadas possíveis, sendo a resolução destes a melhor maneira de os alunos progredirem na aprendizagem da unidade curricular. Dessa forma a avaliação será quase exclusivamente baseada na correção das séries de exercícios, embora pesada com a discussão destas.

Os alunos terão ainda oportunidade de demonstrarem e expandirem os seus conhecimentos por via de uma apresentação oral de uma hora.

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

Since there are 4 hours of theoretical-practical classes per week, as well as office hours, there will certainly be enough contact hours for a student to keep up to the matter of the course.

The series of proposed exercises will be as complete and advanced as possible. Solving a great number of these is surely the best way for the students to progress in the course. Therefore the evaluation of the students will be almost entirely based on the marks of these problem sets, although weighted by their discussion in the classes.

The students will also have the opportunity to demonstrate and expand their knowledge in the subject through an oral presentation of about one hour.

3.3.9. Bibliografia principal:

D. Barden, Ch. Thomas, An Introduction to Differential Manifolds, Imperial College Press, 2003.

B.A. Dubrovin, A.T. Fomenko, S.P. Novikov, Modern Geometry-Methods and Applications: Part II, the Geometry and Topology of Manifolds, Springer, 1985.

S. Lang, Fundamentals of differential geometry, Springer, 1999.

J.W. Milnor, Topology from the differentiable viewpoint. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1997.

M. Perdigão de Carmo, Geometria Riemanniana, IMPA, 1988.

F.W. Warner, Foundations of differentiable manifolds and Lie groups, Springer, 1983.

Mapa IV - Tópicos de Topologia Geral e Algébrica / Topics of General and Algebraic Topology

3.3.1. Unidade curricular:

Tópicos de Topologia Geral e Algébrica / Topics of General and Algebraic Topology

3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

João Nuno Gonçalves Faria Martins – TP:56h

3.3.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

(Outros docentes que, em alternativa, podem lecionar a unidade curricular):

Ana Cristina Malheiro Casimiro – TP:56h

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

O objetivo desta unidade curricular é complementar, ou iniciar, o estudo da Topologia Geral e da Topologia Algébrica. Os objetivos finais dependem do conhecimento inicial dos alunos.

Objetivos mínimos:

1. Entender e saber demonstrar os resultados fundamentais sobre espaços topológicos, funções contínuas, compacidade, conexidade, axiomas de separação/numerabilidade e topologia quociente. Os teoremas de Tychonoff e da Extensão de Tietze serão abordados.

2. Entender a construção e propriedades básicas de alguns funtores da categoria dos espaços topológicos para outras categorias, definidas algebricamente, com o fim de resolver problemas de Topologia por meio de técnicas algébricas. O foco dependerá anualmente do interesse e back-ground dos alunos. Será enfatizado que os alunos saibam calcular exemplos concretos.

3. Saber usar técnicas algébricas para demonstrar teoremas clássicos (e.g. Teorema do Ponto Fixo de Brouwer, Teorema de Jordan e Invariância do Domínio.)

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

The aim of this course is to initiate, or complement, the students knowledge in point-set and algebraic topology. The final objectives depend on the background of the students.

Minimal competences:

1. Understand and know how to prove the fundamental results about topological spaces, continuous functions, compactness, connectedness, separation/countability axioms and quotient topology. Tychonoff and Tietze Extension theorem will be addressed.

2. Understand the construction and basic properties of some functors from the category of topological spaces to other algebraically defined categories, in order to solve problems of topology through an algebraic framework. The particular focus will depend on the interests and background of the students. It will be emphasized that the students know how to calculate concrete examples.

3. Know how to use algebraic techniques in order to shown classical theorems (e.g. Brouwer fixed point theorem, Jordan theorem, Invariance of Domain).

3.3.5. Conteúdos programáticos:

Os tópicos a abordar (bem menos que os indicados) dependerão do background dos alunos. Deve-se ter em conta os objetivos mínimos de aprendizagem.

1. Espaços topológicos. Funções contínuas. Homeomorfismos. Propriedades topológicas. Conexidade.

2. Compacidade. Lema da sub-base. Produtos de espaços topológicos. Teorema de Tychonoff. Compacidade local.

3. Axiomas de numerabilidade e separação. Lema de Urysohn. Teorema da extensão de Tietze.

4. Topologia quociente.

5. Categorias e funtores.

6. Homotopia entre curvas. Grupo fundamental. Equivalência de homotopia. Espaços de recobrimento. Teorema de van-Kampen.

7. Complexos CW e simpliciais. Teoremas da Aproximação Simplicial e da Aproximação Celular. Classificação de espaços de revestimento e de superfícies.

8. Homologia. Homologia singular. Homologia simplicial. Excisão. Equivalência entre homologia simplicial e singular. Teorema de Hurewicz. Mayer-Vietoris.

9. Cohomologia, produtos. Variedades. Grupos de homotopia, fibrações.

3.3.5. Syllabus:

The topics to address (less than the ones indicated) will depend on the background and interests of the students. The learning objectives should however be taken into account.

1. *Topological spaces. Continuous functions. Homeomorphisms. Topological properties. Connectedness.*
2. *Compactness. Subbasis lemma. Products of topological spaces. Tychonoff theorem. Local compactness.*
3. *Axioms of countability and separation. Urysohn's lemma. Tietze extension theorem.*
4. *Quotient topology.*
5. *Categories and functors.*
6. *Homotopy between curves. Fundamental group. Equivalence of Homotopy. Covering spaces. Van Kampen Theorem.*
7. *CW and simplicial complexes. Simplicial and cellular approximation theorem. Classification of covering spaces and surfaces.*
8. *Homology. Singular homology. Simplicial homology. Equivalence between simplicial and singular homology. Hurewicz theorem. Mayer-Vietoris.*
9. *Cohomology. Products. Manifolds. Homotopy groups. Fibrations.*

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

O funcionamento da unidade curricular dependerá em larga medida do conhecimento prévio dos alunos. Para um conjunto de alunos com poucos conhecimentos prévios do assunto, cobrir-se-ão os fundamentos de topologia geral, de forma robusta e exaustiva, preparando também os alunos para uma iniciação à topologia algébrica. (Terminando no grupo fundamental, espaços de revestimento, e aplicações ao espaço euclidiano). Uma turma com conhecimentos sólidos de topologia geral passará quase automaticamente para a topologia algébrica, acabando idealmente na parte de produtos em cohomologia.

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

The topics covered will depend to a great extent on the previous knowledge of the students on the subject. For newcomers, the course will focus on a robust and exhaustive study of point-set topology, also preparing the students to learn the basics of algebraic topology. This should cover the fundamental group, covering spaces and applications to the euclidean space. A set of students with a solid knowledge of point-set topology will pass almost directly to algebraic topology, ideally ending in products in cohomology.

3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular funcionará com quatro horas semanais de aulas teórico-práticas. Haverá horários de atendimento. A aprendizagem autónoma dos alunos centrar-se-á na resolução de séries avançadas de exercícios, alguns contendo provas de resultados fundamentais.

Os alunos deverão entregar quinzenalmente séries de exercícios, propostas pelo docente. No final do semestre far-se-á a média ponderada das notas das séries de exercícios, que contará para a nota final com o peso de 75%. Da nota de cada série de exercícios fará parte a discussão de alguns destes. Cada aluno fará uma apresentação oral de cerca de 1 hora (por exemplo com uma demonstração completa de um teorema, explicação de uma secção de um livro ou artigo). A nota da apresentação contará para a nota final com o peso de 25 %.

Um aluno obtém frequência se tiver entregue todas as séries de exercícios propostas, exceto possivelmente uma.

3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

The course will have 4 hours of theoretical-practical classes per week. Office hours will be offered. The autonomous learning by the students will be centered around solving advanced exercise sheets, some of which containing proofs of fundamental theorems.

The students must submit fortnightly series of exercises. The average of all grades will count towards the final mark of the course, with the weight of 75%. Of these grades, it will play a central part the discussion of some of the exercises. Each student will make an oral presentation of 1 hour (with a complete proof of a theorem, explanation of section of a book or a paper). The grade of the presentation will count towards the final mark with the weight of 25%.

A student obtains frequency if he/she has submitted all the series of exercises proposed, except possibly for one.

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

Havendo 4 horas semanais de aulas teórico-práticas, bem como horários de atendimento, haverá certamente horas de contacto suficientes para um aluno conseguir acompanhar a matéria da unidade curricular. As séries de exercícios serão o mais completas e avançadas possíveis, sendo a resolução destes a melhor maneira de os alunos progredirem na aprendizagem da unidade curricular. Dessa forma a avaliação será quase exclusivamente baseada na correção das séries de exercícios, embora pesada com a discussão destas.

Os alunos terão ainda oportunidade de demonstrarem e expandirem os seus conhecimentos por via de uma apresentação oral de uma hora.

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

Since there are 4 hours of theoretical-practical classes per week, as well as office hours, there will certainly be enough contact hours for a student to keep up to the matter of the course.

The series of proposed exercises will be as complete and advanced as possible. Solving a great number of these is surely the best way for the students to progress in the course. Therefore the evaluation of the students will be almost entirely based on the marks of these problem sets, although weighted by their discussion in the classes.

The students will also have the opportunity to demonstrate and expand their knowledge in the subject through an oral presentation of about one hour.

3.3.9. Bibliografia principal:

M.A. Armstrong, Basic topology, Springer, 1983.

T.W. Gamelin, R.E. Greene, Introduction to topology, Dover, 1999.

A. Hatcher, Algebraic topology, Cambridge University Press, Cambridge, 2002.

T. Monteiro Fernandes. Topologia algébrica e Teoria Elementar dos Feixes. Textos em Matemática, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

J.R. Munkres, Topology, Prentice Hall, 2000.

J.R. Munkres, Elements of algebraic topology, Addison-Wesley, 1984.

J.J. Rotman, Joseph J.: An introduction to algebraic topology, Springer, 1988.

4. Descrição e fundamentação dos recursos docentes do ciclo de estudos**4.1 Descrição e fundamentação dos recursos docentes do ciclo de estudos**

4.1.1. Fichas curriculares**Mapa V - Ana Cristina Malheiro Casimiro****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Ana Cristina Malheiro Casimiro

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Ana Luísa da Graça Batista Custódio**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Ana Luísa da Graça Batista Custódio

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Ana Margarida Fernandes Ribeiro**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Ana Margarida Fernandes Ribeiro

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):
<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - António José Mesquita da Cunha Machado Malheiro

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
António José Mesquita da Cunha Machado Malheiro

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):
<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Bento José Carrilho Miguens Louro

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Bento José Carrilho Miguens Louro

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):
<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:
Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Carlos Manuel Saiago

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Carlos Manuel Saiago

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Cláudio António Rainha Aires Fernandes**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Cláudio António Rainha Aires Fernandes

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Fabio Augusto da Costa Carvalho Chalub**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Fabio Augusto da Costa Carvalho Chalub

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Filipe Serra de Oliveira**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Filipe Serra de Oliveira

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Gonçalo Jorge Trigo Neri Tabuada

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

Gonçalo Jorge Trigo Neri Tabuada

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Graça Maria Marques da Silva Gonçalves

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

Graça Maria Marques da Silva Gonçalves

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Herberto de Jesus da Silva

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

Herberto de Jesus da Silva

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Isabel Cristina Silva Correia**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Isabel Cristina Silva Correia

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Isabel Maria da Silva Cabral Inglês Esquível**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Isabel Maria da Silva Cabral Inglês Esquível

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Isabel Maria Oitavem Fonseca da Rocha Kahle**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Isabel Maria Oitavem Fonseca da Rocha Kahle

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):*100***4.1.1.6. Ficha curricular do docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Mapa V - João Nuno Gonçalves Faria Martins****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***João Nuno Gonçalves Faria Martins***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***<sem resposta>***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):***<sem resposta>***4.1.1.4. Categoria:***Professor Auxiliar ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):***100***4.1.1.6. Ficha curricular do docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Mapa V - Joaquim Eurico Anes Duarte Nogueira****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Joaquim Eurico Anes Duarte Nogueira***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***<sem resposta>***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):***<sem resposta>***4.1.1.4. Categoria:***Professor Auxiliar ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):***100***4.1.1.6. Ficha curricular do docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Mapa V - Jorge Manuel Leocádio André****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Jorge Manuel Leocádio André***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***<sem resposta>***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):***<sem resposta>***4.1.1.4. Categoria:***Professor Auxiliar ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):**

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Mapa V - Jorge Orestes Lasbarrères Cerdeira****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Jorge Orestes Lasbarrères Cerdeira***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:*Professor Catedrático ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):**

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Mapa V - José Maria Nunes de Almeida Gonçalves Gomes****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***José Maria Nunes de Almeida Gonçalves Gomes***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:*Professor Auxiliar ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):**

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Mapa V - Júlia Maria Nunes Loureiro Vaz de Carvalho****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Júlia Maria Nunes Loureiro Vaz de Carvalho***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:*Professor Associado ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):**

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Lídia Ludovina Lampreia Ceiro Pica Lourenço**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Lídia Ludovina Lampreia Ceiro Pica Lourenço

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Luís Manuel Trabucho de Campos**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Luís Manuel Trabucho de Campos

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Catedrático ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Magda Stela de Jesus Rebelo**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Magda Stela de Jesus Rebelo

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Manuel Almeida Silva**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Manuel Almeida Silva

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Manuel Messias Rocha de Jesus**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Manuel Messias Rocha de Jesus

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Manuel Valdemar Cabral Vieira**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Manuel Valdemar Cabral Vieira

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Maria do Carmo Proença Caseiro Brás**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Maria do Carmo Proença Caseiro Brás

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Maria do Céu Cerqueira Soares

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

Maria do Céu Cerqueira Soares

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Maria do Rosário Silva Franco Fernandes

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

Maria do Rosário Silva Franco Fernandes

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Maria Fernanda Almeida Cipriano Salvador Marques

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

Maria Fernanda Almeida Cipriano Salvador Marques

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):
<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Maria Helena Coutinho Gomes de Almeida Santos

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Maria Helena Coutinho Gomes de Almeida Santos

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):
<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Maria Isabel Azevedo Rodrigues Gomes

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Maria Isabel Azevedo Rodrigues Gomes

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):
<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Maria Luísa Martins Macedo de Faria Mascarenhas

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Maria Luísa Martins Macedo de Faria Mascarenhas

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Catedrático ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Nadir Arada**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Nadir Arada

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Nelson Fernando Chibeles Pereira Martins**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Nelson Fernando Chibeles Pereira Martins

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Nuno Filipe Marcelino Martins**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Nuno Filipe Marcelino Martins

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Oleksiy Karlovych

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

Oleksiy Karlovych

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Paula Alexandra da Costa Amaral Jorge

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

Paula Alexandra da Costa Amaral Jorge

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Paula Cristiana Costa Garcia da Silva Patricio Rodrigues

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

Paula Cristiana Costa Garcia da Silva Patricio Rodrigues

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Paulo José Fernandes Louro Ribeiro Doutor**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Paulo José Fernandes Louro Ribeiro Doutor

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Reinhard Josef Klaus Kahle**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Reinhard Josef Klaus Kahle

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Rogério Ferreira Martins**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Rogério Ferreira Martins

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Susana Maria Marques Henriques Botelho Baptista**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Susana Maria Marques Henriques Botelho Baptista

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Teresa Maria Jerónimo Sousa**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Teresa Maria Jerónimo Sousa

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular do docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa V - Vítor Hugo Bento Dias Fernandes**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Vítor Hugo Bento Dias Fernandes

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2):

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

4.1.1.6. Ficha curricular do docente: Mostrar dados da Ficha Curricular

4.1.2 Equipa docente do ciclo de estudos

4.1.2. Equipa docente do ciclo de estudos / Teaching staff of the study programme

| Nome / Name | Grau / Degree | Área científica / Scientific Area | Regime de tempo / Employment link | Informação/ Information |
|--|---------------|--|-----------------------------------|---------------------------------|
| Ana Cristina Malheiro Casimiro | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Ana Luísa da Graça Batista Custódio | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Ana Margarida Fernandes Ribeiro | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| António José Mesquita da Cunha Machado Malheiro | Doutor | Álgebra, Lógica e Fundamentos | 100 | Ficha submetida |
| Bento José Carrilho Miguens Louro | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Carlos Manuel Saiago | Doutor | Matemática / Álgebra | 100 | Ficha submetida |
| Cláudio António Rainha Aires Fernandes | Doutor | Análise Funcional | 100 | Ficha submetida |
| Fabio Augusto da Costa Carvalho Chalub | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Filipe Serra de Oliveira | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Gonçalo Jorge Trigo Neri Tabuada | Doutor | Álgebra-Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Graça Maria Marques da Silva Gonçalves | Doutor | Matemática - Especialidade em Investigação Operacional | 100 | Ficha submetida |
| Herberto de Jesus da Silva | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Isabel Cristina Silva Correia | Doutor | Estatística e Investigação Operacional | 100 | Ficha submetida |
| Isabel Maria da Silva Cabral Inglês Esquível | Doutor | Matemática, especialidade de Álgebra | 100 | Ficha submetida |
| Isabel Maria Oitavem Fonseca da Rocha Kahle | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| João Nuno Gonçalves Faria Martins | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Joaquim Eurico Anes Duarte Nogueira | Doutor | Matemática Pura (Álgebra) | 100 | Ficha submetida |
| Jorge Manuel Leocádio André | Doutor | Matemática (Álgebra, Lógica e Fundamentos) | 100 | Ficha submetida |
| Jorge Orestes Lasbarrères Cerdeira | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| José Maria Nunes de Almeida Gonçalves Gomes | Doutor | Análise Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Júlia Maria Nunes Loureiro Vaz de Carvalho | Doutor | Matemática- especialidade de Álgebra, Lógica e Fundamentos | 100 | Ficha submetida |
| Lídia Ludovina Lampreia Ceiro Pica Lourenço | Doutor | Investigação Operacional | 100 | Ficha submetida |
| Luís Manuel Trabucho de Campos | Doutor | Engineering Mechanics | 100 | Ficha submetida |
| Magda Stela de Jesus Rebelo | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Manuel Almeida Silva | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Manuel Messias Rocha de Jesus | Doutor | Álgebra, Lógica e Fundamentos/Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Manuel Valdemar Cabral Vieira | Doutor | Matemática Aplicada | 100 | Ficha submetida |
| Maria do Carmo Proença Caseiro Brás | Doutor | Matemática na especialidade de Investigação Operacional | 100 | Ficha submetida |
| Maria do Céu Cerqueira Soares | Doutor | Matemática, especialidade de Equações Diferenciais | 100 | Ficha submetida |
| Maria do Rosário Silva Franco Fernandes | Doutor | Álgebra | 100 | Ficha submetida |
| Maria Fernanda Almeida Cipriano Salvador Marques | Doutor | Análise Matemática/Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Maria Helena Coutinho Gomes de Almeida Santos | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Maria Isabel Azevedo Rodrigues Gomes | Doutor | Engenharia e Gestão Industrial | 100 | Ficha submetida |
| Maria Luísa Martins Macedo de Faria Mascarenhas | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Nadir Arada | Doutor | Análise Numérica | 100 | Ficha submetida |
| Nelson Fernando Chibeles Pereira Martins | Doutor | Engenharia de Sistemas | 100 | Ficha submetida |
| Nuno Filipe Marcelino Martins | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Oleksiy Karlovych | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Paula Alexandra da Costa Amaral Jorge | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Paula Cristiana Costa Garcia da Silva | Doutor | Análise Matemática | 100 | Ficha submetida |

| | | | | | |
|--|--------|--|-------------|--|-----------------|
| Patricio Rodrigues | | | | | |
| Paulo José Fernandes Louro Ribeiro Doutor | Doutor | Matemática | 100 | | Ficha submetida |
| Reinhard Josef Klaus Kahle | Doutor | Informatica | 100 | | Ficha submetida |
| Rogério Ferreira Martins | Doutor | Matemática | 100 | | Ficha submetida |
| Susana Maria Marques Henriques Botelho Baptista | Doutor | Engenharia de Sistemas | 100 | | Ficha submetida |
| Teresa Maria Jerónimo Sousa | Doutor | Algoritmos, Combinatória e Optimização | 100 | | Ficha submetida |
| Vítor Hugo Bento Dias Fernandes | Doutor | Matemática | 100 | | Ficha submetida |
| (46 Items) | | | 4600 | | |

<sem resposta>

4.2. Dados percentuais dos recursos docentes do ciclo de estudos

4.2.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos

4.2.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos / Full time teaching staff

| Corpo docente próprio / Full time teaching staff | ETI / FTE | Percentagem* / Percentage* |
|---|-----------|----------------------------|
| Docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / Full time teachers: | 46 | 100 |

4.2.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado

4.2.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff

| Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff | ETI / FTE | Percentagem* / Percentage* |
|--|-----------|----------------------------|
| Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff with a PhD (FTE): | 46 | 100 |

4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / Specialized teaching staff

| Corpo docente especializado / Specialized teaching staff | ETI / FTE | Percentagem* / Percentage* |
|---|-----------|----------------------------|
| Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff with a PhD, specialized in the main areas of the study programme (FTE): | 46 | 100 |
| Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists, without a PhD, of recognized professional experience and competence, in the main areas of the study programme (FTE): | 0 | 0 |

4.2.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação

4.2.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação / Teaching staff stability and training dynamics

| Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics | ETI / FTE | Percentagem* / Percentage* |
|---|-----------|----------------------------|
| Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Full time teaching staff with a link to the institution for a period over three years: | 45 | 97.8 |
| Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / Teaching staff registered in a doctoral programme for more than one year (FTE): | 0 | 0 |

4.3. Procedimento de avaliação do desempenho

4.3. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas para a sua permanente actualização:

Em 16 de Agosto de 2010 foi publicado em DR (2ª Série, nº 158) o Regulamento nº 684/2010 relativo à Avaliação do Desempenho e Alteração do Posicionamento Remuneratório dos docentes da UNL-Universidade Nova de Lisboa. O regulamento tem por objeto o desempenho dos docentes da UNL, visando avaliá-lo em função do mérito e melhorar a

sua qualidade. A avaliação de desempenho abrange todos os docentes da UNL, tem em conta a especificidade de cada área disciplinar e considera todas as vertentes da respetiva atividade: a) Docência (e.g., diversidade de disciplinas ensinadas; disponibilização de material pedagógico; orientação de Dissertações de Mestrado e de Teses de Doutoramento; participação em júris); b) Investigação científica, desenvolvimento e inovação (e.g., coordenação e participação em projetos de investigação e direção de unidades de investigação; publicação de artigos e livros; comunicações em congressos científicos; participação em órgãos de revistas científicas; patentes; participação em comissões, organizações ou redes científicas); c) Tarefas administrativas e de gestão académica; d) Extensão universitária, divulgação científica e prestação de serviços à comunidade (e.g., prémios e distinções académicas; relatórios no âmbito do estatuto da carreira docente; serviços prestados a outras entidades). As ponderações a considerar em cada vertente são as seguintes: a) Docência — entre 20 % e 70 %; b) Investigação científica, desenvolvimento e inovação — entre 20 % e 70 %; c) Tarefas administrativas e de gestão académica — entre 10 % e 40 %; d) Atividades de extensão universitária, divulgação científica e prestação de serviços à comunidade — entre 5 % e 40 % A avaliação positiva é expressa numa escala de três posições (mínimo de 3 pontos e máximo de 9 pontos). Compete ao Conselho Científico a condução do processo de avaliação de desempenho. Compete ao Conselho Pedagógico pronunciar-se na generalidade sobre o processo de avaliação de desempenho. Compete ao Reitor da UNL homologar os resultados da avaliação do desempenho. A avaliação do desempenho é feita uma vez em cada triénio, sem prejuízo da monitorização anual, e releva para os seguintes efeitos: a) Contratação por tempo indeterminado dos professores auxiliares; b) Renovação dos contratos a termo certo dos docentes não integrados na carreira; c) Alteração do posicionamento remuneratório. Os docentes que acumulem um mínimo 18 pontos nas avaliações de desempenho deverão ter uma alteração do posicionamento remuneratório. Os docentes com avaliação considerada insuficiente em dois triénios consecutivos poderão sofrer as consequências previstas no Estatuto Disciplinar dos Trabalhadores que exercem Funções Públicas. A FCT elaborou o seu Regulamento em consonância com o da UNL, tendo definido métricas específicas para as áreas da Ciência e Engenharia. O Regulamento da FCT já foi aprovado e publicado no DR, 2ª Série, nº 193 de 4 de outubro 2012 (Despacho 13109/2012).

4.3. Teaching staff performance evaluation procedures and measures for its permanent updating:

The rules for Performance Evaluation and Amendment of Position Remuneration of academic staff of UNL Universidade Nova de Lisboa were officially published in August 16, 2010 (Regulation 684/2010). The regulation concerns the performance of the UNL academic staff in order to evaluate it based on merit and improve its quality. The performance evaluation covers all UNL academic staff, takes into account the specifics of each subject area and considers all aspects of their business: a) Teaching (e.g., diversity of subjects taught, availability of teaching materials, supervision of Master and PhD, Theses, participation in boards of academic juries); b) Scientific research, development and innovation (e.g., coordination and participation in research projects and coordination of research units, publication of scientific articles and books, conference papers, participation in bodies of scientific journals, patents, participation in scientific committees, organizations or networks); c) Administrative and academic management activities (e.g., participation in bodies of UNL and UNL academic units); d) Extension activities, scientific dissemination and services delivery to the community (e.g., academic honours and awards, reports in the status of the teaching profession, services provision to other entities). The weights assigned to the above dimensions are: a) Teaching - between 20% and 70%; b) Scientific research, development and innovation - between 20% and 70%; c) Administrative and academic management activities - between 10% and 40%; d) Extension activities, scientific dissemination and services delivery to the community - between 5% and 40%. The positive evaluation is expressed on a scale of three positions (minimum of 3 points and a maximum of 9 points). At the academic unit level, the Scientific Council conducts the performance evaluation process and the Pedagogical Council issues an overall appreciation of it. The UNL Rector approves the results of the performance evaluation. Performance evaluation is carried out once every three years, subject to annual monitoring, and is relevant for the following purposes: a) Contract of assistant professors for an indefinite period; b) Renewal of temporary contracts for teachers that are not integrated in the regular academic career; c) Change of salary position. The salary position of teachers who accumulate a minimum of 18 points in performance evaluation may be upgraded. Teachers with performance evaluation considered insufficient in two consecutive three-year periods may suffer the consequences outlined in the Disciplinary Statute of Civil Servants. FCT has developed its regulations in accordance with UNL's rules, having defined specific evaluation metrics for the Science and Engineering areas. The FCT regulations were already approved and officially published on the 4th of October 2012 (DR, 2ª Série, 193, Despacho 13109/2012).

5. Descrição e fundamentação de outros recursos humanos e materiais

5.1. Pessoal não docente afecto ao ciclo de estudos:

Maria da Graça Nobre dos Santos – Assistente Técnica.

Maria Libânia Patrício Gaspar -- Assistente Técnica.

Maria Deolinda da Conceição Teixeira da Mata – Assistente Operacional.

Vanda Martins, Bolseira de Gestão em Ciência e Tecnologia do CMA.

5.1. Non teaching staff allocated to the study programme:

Maria da Graça Nobre dos Santos – Technical Assistant.

Maria Libânia Patrício Gaspar -- Technical Assistant.

Maria Deolinda da Conceição Teixeira da Mata – Operational Assistant.

Vanda Martins, Scholarship in Management in Science and Technology of CMA.

5.2. Instalações físicas afectas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços lectivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):

Salas de aula (gerais) – 3806 m²
Anfiteatros (gerais) – 1912 m²
Salas de estudo (gerais) – 2019 m²
Salas de estudo com computadores (gerais) – 666 m²
Gabinetes de estudo individual – 120 m²
Gabinetes de estudo em grupo – 80 m²
Group Study Rooms – 80 m²
Biblioteca (1 sala de leitura informal, 1 sala de exposições, 1 auditório, 550 lugares de leitura) – 6500 m²
Reprografia – 186 m²
Sala de estudo com computadores específica para o curso – 63 m²
Sala de estudo específica para o curso – 42 m²
Laboratórios de ensino com computadores (específicos) – 234 m²

5.2. Facilities allocated to and/or used by the study programme (teaching spaces, libraries, laboratories, computer rooms, etc.):

Classrooms (general) -- 3806 m²
Auditoriums (general) – 1912 m²
Study rooms (general) – 2019 m²
Study rooms with computers (general) – 666 m²
Individual Study Rooms – 120 m²
Library (1 informal reading room, 1 exhibition hall, 1 auditorium, 550 seats of reading) – 6500 m²
Reprography – 186 m²
Specific study rooms for this programme equipped with computers – 63 m²
Specific study room for this study programme – 42 m²
Teaching laboratories with computers for this programme – 234 m²

5.3. Indicação dos principais equipamentos e materiais afectos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didácticos e científicos, materiais e TICs):

A FCT/UNL fornece aos alunos acesso às bases de dados disponibilizadas pela FCCN (em particular, B-On, <http://www.b-on.pt/>).

Equipamentos:

Data show equipment – 5
Projectors – 5
Fax – 1
Computers for students (with internet access) – 58
Computers for academic staff (with internet access) – 75
Computers for administrative and technical staff (with internet access) – 4
Computers (servers) (with internet access) – 4
Digital projecting board – 1
Printers – 19
Portable computers – 12
Digital Scanners – 1
Paper Shredder – 2
Photocopy Machine – 4

5.3. Indication of the main equipment and materials allocated to and/or used by the study programme (didactic and scientific equipments, materials and ICTs):

The FCT/UNL gives access for all students to databases provided by FCCN (in particular, B-On, <http://www.b-on.pt/>).

Equipments:

Data show equipment – 5
Projectors – 5
Fax – 1
Computers for students (with internet access) – 58
Computers for academic staff (with internet access) – 75
Computers for administrative and technical staff (with internet access) – 4
Computers (servers) (with internet access) – 4
Digital projecting board – 1
Printers – 19
Portable computers – 12
Digital Scanners – 1
Paper Shredder – 2
Photocopy Machine – 4

6. Actividades de formação e investigação

Mapa VI - 6.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua actividade científica

6.1. Mapa VI 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 | Observações / Observations |
|--|--|---|---|
| Centro de Matemática e Aplicações (CMA) / Center for Mathematics and Applications (CMA) | Muito Bom / Very Good (2007) 2ª fase da avaliação de 2013 (em curso) | Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa | 85 % do corpo docente do Programa Doutoral em Matemática reestruturado são membros integrados do CMA em 2015-2020 / 85 % of the teaching body of the restructured Ph.D. Program in Mathematics are integrated members of CMA in 2015-2020 |

Perguntas 6.2 e 6.3

6.2. Mapa resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, na área predominante do ciclo de estudos, em revistas internacionais com revisão por pares, nos últimos cinco anos (referenciação em formato APA):

<http://a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/819d40aa-616e-8b0d-14c0-541852a142c5>

6.3. Lista dos principais projetos e/ou parcerias nacionais e internacionais em que se integram as actividades científicas, tecnológicas, culturais e artísticas desenvolvidas na área do ciclo de estudos:

O DM da FCT/UNL tem participado no PhD Program in Mathematics, Portugal/Carnegie Mellon(CMU) Partnership e no PhD Program In Mathematics,International Collaboratory for Emerging Technologies com a University of Texas at Austin, ambos envolvendo FCT/UNL, FC/UL, IST/UTL. Da parceria com a CMU resultou já um Doutoramento conjunto. Foi iniciada uma colaboração com o Instituto de Matemática e Estatística da Universidade Federal Fluminense do Rio de Janeiro, Brasil.

Projeto financiado pelo Portugal/Carnegie Mellon Partnership: Thin structures, homogenization and multi phase problems, UTA_CMU/MAT/0005/2009.

Principais projetos financiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia:

Projeto estratégico do CMA,PEst-OE/MAT/UI0297/2014

Optimization methods in Continuum Mechanics, PTDC/MAT/109973/2009

Game theory and epidemiology,EXPL/MAT-CAL/0794/2013

Variational problems in variable exponent Sobolev spaces,EXPL/MAT-CAL/0840/2013

Species performance modeling algorithm,PTDC/AAC-AMB/113394/2009

6.3. List of the main projects and/or national and international partnerships, integrating the scientific, technological, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme:

DM of FCT/UNL participates in the PhD Program in Mathematics, Portugal/Carnegie Mellon (CMU) Partnership and in the PhD Program Mathematics in the International Collaboratory for Emerging Technologies with University of Texas at Austin, both involving FCT/UNL, FC/UL, IST/UTL. The partnership with Carnegie Mellon University has resulted in a PhD thesis. A collaboration with the Institute of Mathematics and Statistics, Fluminense Federal University, Rio de Janeiro,Brazil was started.

Project funded by Portugal/Carnegie Mellon Partnership:Thin structures, homogenization and multi phase problems, UTA_CMU/MAT/0005/2009.

Main projects funded by Fundação para a Ciência e a Tecnologia:

Strategic project of CMA,PEst-OE/MAT/UI0297/2014

Optimization methods in Continuum Mechanics,PTDC/MAT/109973/2009

Game theory and epidemiology,EXPL/MAT-CAL/0794/2013

Variational problems in variable exponent Sobolev spaces,EXPL/MAT-CAL/0840/2013

Species performance modeling algorithm,PTDC/AAC-AMB/113394/2009

7. Actividades de desenvolvimento tecnológico e artísticas, prestação de serviços à comunidade e formação avançada

7.1. Descreva estas actividades e se a sua oferta corresponde às necessidades do mercado, à missão e aos objetivos da instituição:

O DM tem parcerias de âmbito científico e de formação com várias empresas nacionais (e.g. SISCOG, EDP, IPQ) e internacionais (e.g. companhia de Seguros Ímpar em Maputo).

O DM tem atividades regulares de divulgação da importância da Matemática:

- O grupo divMAT <https://sites.google.com/site/divmatfct> tem como finalidade a divulgação da Matemática através de diversas iniciativas destinadas a alunos e professores do ensino secundário.

- O ClubeMath <http://eventos.fct.unl.pt/clubemath> destina-se a jovens do ensino básico e secundário.

- A MatNova <http://eventos.fct.unl.pt/matnova2014> é uma Escola de Verão de Matemática, destinada a alunos de excelência do ensino secundário.
- Por ocasião da ExpoFCT, milhares de alunos do ensino secundário visitam a FCT e o DM. Membros do DM organizam várias atividades cujo principal fito é mostrar como a Matemática ajuda a resolver múltiplos problemas. A oferta destas atividades corresponde às necessidades do mercado, à missão e aos objetivos da FCT/UNL.

7.1. Describe these activities and if they correspond to the market needs and to the mission and objectives of the institution:

- The DM has scientific and training partnership with several national companies (e.g. SISCOG, EDP, IPQ) and international companies (e.g. insurance company Seguros Ímpar in Maputo).*
- The DM has regular activities to disseminate the importance of mathematics:*
- *The group divMAT <https://sites.google.com/site/divmatfct/> aims at the dissemination of mathematics through various initiatives directed to students and secondary school teachers.*
 - *The ClubeMath <http://eventos.fct.unl.pt/clubemath/> aimed at young basic and secondary school students.*
 - *The MatNova <http://eventos.fct.unl.pt/matnova2014> is a Summer School of Mathematics is aimed at honors high school students.*
 - *On the occasion of ExpoFCT, thousands of secondary school students visit the FCT and DM. DM members organize various activities, whose main aim is to show how mathematics helps to solve multiple problems. The offering of these activities correspond to market needs, the mission and goals of FCT/UNL.*

8. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

8.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por ciclos de estudos similares com base nos dados do Ministério da Economia:

No final de 2013 não havia desempregados registados com Doutoramento em Matemática concluído entre 2003 e 2013. Fonte: <http://www.dgeec.mec.pt/np4/18/>

8.1. Evaluation of the graduates' employability based on Ministry of Economy data:

No unemployed people with PhD degree in Mathematics concluded between 2003 and 2013 were registered at the end of 2013. Source: <http://www.dgeec.mec.pt/np4/18/>

8.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

Analisando os números dos alunos inscritos nos programas doutorais em matemática em 2012-13:

Universidade do Algarve – 4
Universidade de Aveiro – 31
Universidade da Beira Interior – 8
Universidade de Coimbra – 28
Universidade de Évora – 27
Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências – 14
Universidade Técnica de Lisboa, ISEG – 15
Universidade Técnica de Lisboa, IST – 25
Universidade Nova de Lisboa – 6
Universidade do Minho – 11
Universidade do Porto – 54
Universidade da Madeira – 2
ISCTE – 8
Universidade Lusófona – 2,

disponíveis em <http://www.dgeec.mec.pt/np4/18/>, podemos concluir que as alterações propostas na estrutura do Programa Doutoral em Matemática vão aumentar a capacidade de atrair estudantes de qualidade, em geral, e na especialidade de Investigação Operacional, em particular.

8.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

Analyzing the numbers of students enrolled in PhD programs in mathematics in 2012-13:

Universidade do Algarve – 4
Universidade de Aveiro – 31
Universidade da Beira Interior – 8
Universidade de Coimbra – 28
Universidade de Évora – 27
Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências – 14
Universidade Técnica de Lisboa, ISEG – 15
Universidade Técnica de Lisboa, IST – 25
Universidade Nova de Lisboa – 6
Universidade do Minho – 11

Universidade do Porto – 54
 Universidade da Madeira – 2
 ISCTE – 8
 Universidade Lusófona – 2,

available at <http://www.dgeec.mec.pt/np4/18/>, we can conclude that the proposed changes in the structure of the Doctoral Program in Mathematics will increase its capacity to attract good students, in general, and in Specialty in Operations Research, in particular.

8.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

Apesar das especificidades do programa doutoral proposto, o programa vê vantagem na integração em uma rede na região de Lisboa (com a Faculdade de Ciências e o Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa); outras parcerias de interesse são a Universidade de Évora e a Universidade da Beira Interior, devido às ligações científicas já existentes.

8.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

Despite the specifics of the proposed doctoral program, the program sees advantages in integrating into a network in the Lisbon region (with the Faculty of Sciences and the Instituto Superior Técnico of the University of Lisbon); other partnerships of interest are University of Évora and the University of Beira Interior, due to the existing scientific links.

9. Fundamentação do número de créditos ECTS do ciclo de estudos

9.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de Março:

O Programa Doutoral em Matemática tem um total de 180 ECTS, que correspondem a 6 semestres letivos de trabalho a tempo integral, o que configura a duração normalmente prevista para ciclos de estudos conducentes ao grau de doutor. No entanto, a duração do ciclo de estudos pode ser até 4 anos em linha com as regras da FCT/UNL e das instituições financiadoras. O 1º semestre do ciclo de estudos (30 ECTS) é dedicado à aquisição de competências fundamentais e à preparação do plano de investigação. Os semestres seguintes (que correspondem a 150 ECTS) são dedicados ao desenvolvimento do trabalho de investigação e à elaboração da tese. A estimativa do esforço associado ao plano de estudos, e a correspondente duração, foram estabelecidas tendo por base o modelo normalmente adotado em universidades de referência.

9.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles no.8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of Decreto-Lei no. 74/2006, March 24th:

The Doctoral Program in Mathematics has a total of 180 ECTS, corresponding to 6 semesters of full-time study, which is the usual duration of a course of study leading to a doctoral degree. However the PhD studies can take up to 4 years, in accordance with the rules of FCT/UNL and of the funding agencies. The 1st semester (30 ECTS) is dedicated to the acquisition of basic skills and the preparation of a research plan. The following semesters (corresponding to 150 ECTS) are dedicated to the development of the research work and the preparation of the thesis. The estimate of the effort associated with the research plan, and the corresponding duration, were established based on the model usually adopted in other well established universities.

9.2. Metodologia utilizada no cálculo dos créditos ECTS das unidades curriculares:

A atribuição do número de créditos às diferentes unidades curriculares foi efetuada adotando os pressupostos estabelecidos para a FCT/UNL, que assume que 1 ECTS corresponde a um esforço global de 28 horas de trabalho do estudante e que num ano letivo os estudantes deverão realizar 60 ECTS.

9.2. Methodology used for the calculation of the ECTS credits of the curricular units:

The allocation of the number of credit units to the different courses was made by adopting the assumptions established for the FCT-UNL, which assumes that 1 ECTS corresponds to a global effort of 28 hours of student work and that in a school year students should undertake 60 ECTS.

9.3. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

A carga horária atribuída a cada unidade curricular bem como o correspondente número de créditos ECTS é baseada na experiência existente nos cursos existentes na FCT/UNL. No caso das novas unidades curriculares, as unidades de crédito foram determinadas atendendo à experiência dos docentes envolvidos e à expectativa de forte envolvimento dos estudantes e consequente intensidade de esforço individual.

9.3. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

The workload assigned to each discipline and the corresponding number of ECTS credits is based on existing experience in the study programs taught in the FCT/UNL. In the case of new courses, credit units are determined taking

into account the experience of the teachers involved and the expectation of strong involvement of students and consequent intensity of individual effort.

10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço europeu

10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com duração e estrutura semelhantes à proposta:

Programa Doutoral em Matemática, Universidade de Edimburgo, Reino Unido, 3 anos
http://www.ed.ac.uk/polopoly_fs/1.98595!/fileManager/pg-mathematics-2014.pdf

Áreas incluem:

Álgebra e teoria dos números
Análise e EDP
Matemática aplicada e computacional
Geometria e topologia
Física-matemática
Investigação operacional e otimização

Programa Doutoral, Zurich Graduate School in Mathematics, ETH Zurich e Universidade de Zurich, Suíça, 3-4 anos
<http://www.zgsm.ch/index.php?id=99>

Áreas incluem:

Álgebra
Análise
Matemática aplicada
Matemática discreta
Geometria
Física-matemática
Análise numérica
Investigação operacional
Topologia

Programa Doutoral, Berlin Mathematical School, TU Berlin, FU Berlin, HU Berlin, Germany
<http://www.math-berlin.de/about-bms>

Áreas incluem:

Geometria diferencial, análise global e física-matemática
Geometria algébrica e teoria dos números
Matemática discreta e otimização combinatória
Análise numérica e computação científica
Análise aplicada e equações diferenciais

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions of the European Higher Education Area:

PhD Program in Mathematics, University of Edinburgh, UK, 3 years
http://www.ed.ac.uk/polopoly_fs/1.98595!/fileManager/pg-mathematics-2014.pdf

Areas include:

Algebra and Number Theory
Analysis and PDE
Applied and Computational Mathematics
Geometry and Topology
Mathematical Physics
Operational Research and Optimization

PhD program, Zurich Graduate School in Mathematics, ETH Zurich and University of Zurich, Switzerland, 3-4 years
<http://www.zgsm.ch/index.php?id=99>

Areas include:

Algebra
Analysis
Applied Mathematics
Discrete Mathematics
Geometry
Mathematical Physics
Numerical Analysis
Operations Research
Topology

PhD Program, Berlin Mathematical School, TU Berlin, FU Berlin, HU Berlin, Germany
<http://www.math-berlin.de/about-bms>

Areas include:

Differential geometry, global analysis, and mathematical physics

*Algebraic geometry, number theory
Discrete mathematics and combinatorial optimization
Numerical analysis and scientific computing
Applied analysis and differential equations*

10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

Os Programas Doutorais em Matemática da Universidade de Edimburgo, da Zurich Graduate School in Mathematics e da Berlin Mathematical School têm objetivos de aprendizagem e estruturas muito semelhante à do PDM, tendo durações normais similares. Não existem unidades curriculares obrigatórias, para além de tese e seminário. O percurso de cada estudante é definido individualmente, dependendo da área de interesse científico de aluno. As áreas científicas dos programas mencionadas incluem as áreas representadas no Programa Doutoral em Matemática da FCT-UNL.

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions of the European Higher Education Area:

The PhD Programs in Mathematics of the University of Edinburgh, of the Zurich Graduate School in Mathematics and the Berlin Mathematical School have learning objectives and structures very similar to those of PDM, having similar durations. There are no compulsory courses except for a seminar and a thesis. The teaching plan of each student is defined individually depending on scientific interests of the student. The scientific areas of the mentioned PhD programs include the areas represented in the PhD Program in Mathematics of the FCT-UNL.

11. Estágios e/ou Formação em Serviço

11.1. e 11.2 Locais de estágio e/ou formação em serviço (quando aplicável)

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

<sem resposta>

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 100kB):

<sem resposta>

Mapa VIII. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Mapa VIII. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efectivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efectivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

<sem resposta>

11.3. Resources of the Institution to effectively follow its students during the in-service training periods:

<no answer>

11.4. Orientadores cooperantes

Mapa IX. Normas para a avaliação e selecção dos elementos das instituições de estágio e/ou formação em serviço responsáveis por acompanhar os estudantes

11.4.1 Mapa IX. Mecanismos de avaliação e selecção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a Instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB):

<sem resposta>

Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos de formação de professores)

11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos de formação de professores) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for teacher training study programmes)

| Nome / Name | Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution | Categoria Profissional / Professional Title | Habilitação Profissional / Professional qualifications | Nº de anos de serviço / Nº of working years |
|----------------|--|--|---|--|
|----------------|--|--|---|--|

<sem resposta>

12. Análise SWOT do ciclo de estudos

12.1. Pontos fortes:

O Programa Doutoral em Matemática tem um currículo atualizado e abrangente, oferecendo aptidões semelhantes às conferidas por cursos homólogos de universidades estrangeiras. Os temas propostos para as teses de Doutoramento encontram-se na fronteira do conhecimento como tem sido evidenciado pela colaboração com várias universidades de outros países.

O Programa possui um corpo docente altamente qualificado e experiente, inteiramente constituído por doutorados. Os Docentes frequentaram programas homólogos nas mais prestigiadas instituições de investigação científica, quer nacionais quer estrangeiras. Além disso, pertencem ao Centro de Matemática e Aplicações classificado de Muito Bom e/ou publicam regularmente em prestigiadas revistas científicas.

O Programa tem forte internacionalização com parcerias com a Universidade de Carnegie Mellon dos EUA e a Universidade Federal Fluminense no Brasil.

12.1. Strengths:

The Ph.D. Program in Mathematics has a broad and up-to-date curriculum, offering skills courses similar to those conferred by counterparts from foreign universities. The proposed topics for PhD theses are at the frontier of knowledge as has been evidenced by the collaboration with several universities in other countries.

The Program possesses a highly qualified and experienced faculty, entirely consisting of PhDs. The Faculty of the Doctoral Program attended program counterparts in the most prestigious scientific research institutions in Portugal or abroad. Furthermore, they belong to the Center for Mathematics and Applications ranked Very Good and/or regularly publish in prestigious scientific journals.

The program has strong internationalization with partnerships with the Carnegie Mellon University in USA and the Fluminense Federal University in Brazil.

12.2. Pontos fracos:

O principal ponto fraco é a falta de financiamento, que se reflete na escassez de alunos. Com esse ponto em vista, temos vindo a pedir financiamento direto para o nosso programa doutoral, no âmbito do concurso Programas de Doutoramento FCT/MEC, tendo como parceiros a Universidade de Carnegie Mellon dos EUA e a Universidade Federal Fluminense no Brasil.

Existe um número reduzido de Professores Associados e Catedráticos no Departamento de Matemática. A carga docente média é elevada para uma escola de investigação como é o caso da FCT/UNL (mais de 8h semana de horas de contacto).

Em alguns dos espaços físicos em que são lecionadas as aulas, começam a existir sinais de degradação. A atualização do equipamento e dos programas dos laboratórios de computadores não se faz com a periodicidade desejada. Também devido a restrições orçamentais, a aquisição de novas obras para a biblioteca tem diminuído substancialmente.

12.2. Weaknesses:

The main weakness is the lack of funding, which is reflected in the scarcity of students. In this view, we have participated in the FCT/MEC PhD Programmes call jointly with the Carnegie Mellon University in USA and the Fluminense Federal University in Brazil.

There is a small number of Associate and Full Professors in the Department. The average teaching load is high for a research school like FCT/UNL (over 8 contact hours per week).

In some of the physical spaces in which lectures are taught, there are some signs of wear and tear. The upgrade of

equipment and software of the computer labs is not performed with the required periodicity. Similarly due to budgetary constraints, the acquisition of new works for the library has decreased substantially.

12.3. Oportunidades:

Existe uma grande procura de doutorados em Matemática não só por parte das universidades, mas também pelas empresas apostadas em inovação e conhecimento.

Existe uma grande quantidade potencial de candidatos ao nosso doutoramento nos países de língua oficial portuguesa.

A implementação de todos os mecanismos e procedimentos vai permitir uma melhor gestão do Ciclo de Estudos o que deverá conduzir a uma melhoria da qualidade do programa doutoral, especialmente a nível dos processos de ensino e aprendizagem e de desenvolvimento de atividades de investigação relevantes.

A acessibilidade do campus é cada vez melhor, devido à intensificação da ligação por metro de superfície. A sua localização pode ser vantajosa para os estudantes que habitam a sul do Tejo. Existe uma residência universitária muito próxima do campus.

12.3. Opportunities:

There exists a demand for people holding a PhD in Mathematics not only inside academia, but also in companies specializing in research and innovation.

There exists a large quantity of potential candidates to our program from the countries where Portuguese is an official language.

The implementation of all mechanisms and procedures will allow for better management of the study cycle, which should lead to its quality improvement, especially with regard to teaching and learning as well as to the development of relevant research activities.

The accessibility of the campus is improving due to the construction of a tramway connecting to FCT/UNL. Its location can be advantageous for students who inhabit the south of the Tagus river. There is a students' residence very close to the campus.

12.4. Constrangimentos:

A atual degradação da situação económica nacional e internacional, a par da diminuição da taxa de natalidade no país, terá certamente repercussões negativas na procura do ensino superior. As limitações orçamentais conduzem a limitações de recursos humanos e materiais, e impedem certas ações que permitiriam melhorar a qualidade do curso. O número de docentes do Departamento de Matemática tem vindo a diminuir, sendo muito difíceis as aberturas de novas posições. A diminuição do número de docentes de carreira poderá conduzir ao aumento do número de horas que os docentes têm de dedicar à docência. Este aumento terá consequências nefastas nas restantes atividades exigidas aos docentes: investigação científica, atividade administrativa e extensão universitária. A renovação do equipamento nos laboratórios de computadores existentes e, sobretudo, a manutenção em funcionamento dos mesmos no dia a dia é muito dificultada pelas limitações orçamentais.

12.4. Threats:

The current deterioration of the national and international economic situation, along with a fall in the birth rate in the country, will certainly have a negative impact on demand for higher education. Budgetary constraints lead to limited human and material resources, and hinder certain actions that would improve the quality of the program. The number of members of the Department of Mathematics has declined, being very difficult to open new positions. The decrease in the number of teaching staff could lead to an increase in the number of hours that professors have to devote to teaching. This fact has consequences in other activities expected from faculty members: research, administrative activity and extension/outreach activities. The renewal of the existing computer labs and, above all, the continued its daily operation is severely hampered by budgetary constraints.

12.5. CONCLUSÕES:

Esta proposta é uma reformulação do Programa Doutoral em Matemática ministrado pelo Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. O principal objetivo desta reformulação consiste na melhoria da correlação entre as unidades curriculares oferecidas no Programa Doutoral em Matemática e as áreas de investigação do Centro de Matemática e Aplicações da Universidade Nova de Lisboa. Propõe-se

- 1) a criação da nova Especialidade em Investigação Operacional;*
- 2) a fusão da Especialidade em Álgebra e da Especialidade em Lógica e Fundamentos da Matemática (a nova designação - Especialidade em Álgebra e Lógica);*
- 3) a fusão da Especialidade em Análise Funcional, da Especialidade em Análise Numérica, da Especialidade em Equações Diferenciais e da Especialidade em Geometria (a nova designação – Especialidade em Análise e Geometria).*

Unidades Curriculares existentes:

Álgebra Universal

Cálculo das Variações e Aplicações

Complementos de Complexidade Computacional

Complementos de Lógica

Semígrupos Numéricos
Teoria de Grafos
Tópicos de Lógica Matemática
Tópicos de Semígrupos
Tópicos de Teoria de Computação

Unidades Curriculares novas:
Análise Numérica das Equações Diferenciais com Derivadas Parciais
Ciências da Decisão
Complementos de Análise Funcional
Complementos de Equações Diferenciais Ordinárias
Dinâmica Populacional
Equações Diferenciais com Derivadas Parciais
Equações Diferenciais Estocásticas
Modelação em Investigação Operacional
Teoria Aditiva dos Números
Teoria Combinatória de Grupos
Teoria de Operadores
Tópicos de Álgebra Comutativa e Geometria Algébrica
Tópicos de Análise Avançada
Tópicos de Física-Matemática
Tópicos de Otimização Combinatória
Tópicos de Otimização Não Linear
Tópicos de Topologia e Geometria de Variedades
Tópicos de Topologia Geral e Algébrica
Seminário de Álgebra e Lógica
Seminário de Análise e Geometria
Seminário de Investigação Operacional
Tese de Álgebra e Lógica
Tese de Análise e Geometria
Tese de Investigação Operacional

Unidades Curriculares extintas:
Álgebras de Operadores
Álgebra Homotópica
Complementos de Álgebra
Complementos de Análise Funcional e Teoria de Operadores
Complementos de Sistemas de Reescrita
Equações Diferenciais e Integrais em Biologia
Equações Não Lineares Dispersivas
Geometria Algébrica
Introdução à Dinâmica Holomorfa
Matrizes, Valores Próprios e Multiplicidades
Método dos Elementos Finitos
Métodos Matemáticos em Mecânica dos Meios Contínuos
Métodos Matemáticos e Numéricos em Mecânica dos Fluidos
Teoria da Homogeneização
Seminário de Álgebra
Seminário de Análise Funcional
Seminário de Análise Numérica
Seminário de Equações Diferenciais
Seminário de Geometria
Seminário de Lógica e Fundamentos da Matemática
Tese de Álgebra
Tese de Análise Funcional
Tese de Análise Numérica
Tese de Equações Diferenciais
Tese de Geometria
Tese de Lógica e Fundamentos da Matemática

12.5. CONCLUSIONS:

This proposal is a reformulation of the Doctoral Program in Mathematics provided by the Mathematical Department of the Faculty of Sciences and Technology of the New (Nova) University of Lisbon. The main aim of this proposal is to improve the correlation between the courses offered in the Doctoral Program in Mathematics and the research areas of the Center for Mathematics and Applications of the New (Nova) University of Lisbon. We propose

- 1) the creation of the new Specialty in Operations Research;*
- 2) the consolidation of the Specialty in Algebra and the Specialty in Logic and Foundations of Mathematics (the new designation - Specialty in Algebra and Logic);*
- 3) the consolidation of the Specialty in Functional Analysis, the Specialty in Numerical Analysis, Specialty in Differential Equations, Specialty in Geometry (the new designation - Specialty in Analysis and Geometry).*

Existent disciplines:
Universal Algebra

Calculus of Variations and Applications
Complements of Computational Complexity
Complements of Logic
Numerical Semigroups
Graph Theory
Topics of Mathematical Logic
Topics of Semigroups
Topics of Computing Theory

New disciplines:

Númeric Analysis of Partial Differential Equations
Decision Sciences
Complements of Functional Analysis
Complements of Ordinary Differential Equations
Populational Dynamics
Partial Differential Equations
Stochastic Differential Equations
Modeling in Operations Research
Additive Number Theory
Combinatorial Group Theory
Operator Theory
Topics of Commutative Algebra and Algebraic Geometry
Topics of Advanced Analysis
Topics of Mathematical Physics
Topics of Combinatorial Optimization
Topics of Non-Linear Optimization
Topics on the Topology and Geometry of Manifolds
Topics of General and Algebraic Topology
Algebra and Logic Seminar
Analysis and Geometry Seminar
Operations Research Seminar
Thesis in Algebra and Logic
Thesis in Analysis and Geometry
Thesis in Operations Research

Extinct disciplines:

Operator Algebras
Homotopic Algebra
Complements of Algebra
Complements of Functional Analysis and Operator Theory
Complements of Rewriting Systems
Differential and Integral Equations in Biology
Non-Linear Dispersive Equations
Algebraic Geometry
Introduction to Holomorphic Dynamics
Matrices, Eigenvalues and Multiplicities
Finite Element Method
Mathematical Methods in Continuum Mechanics
Mathematical and Numerical Methods in Fluid Mechanics
Homogenization Theory
Algebra Seminar
Functional Analysis Seminar
Numerical Analysis Seminar
Differential Equations Seminar
Geometry Seminar
Logic and Foundations of Mathematics Seminar
Thesis in Algebra
Thesis in Functional Analysis
Thesis in Numerical Analysis
Thesis in Differential Equations
Thesis in Geometry
Thesis in Logic and Foundations of Mathematics