

Ficha de Unidade Curricular – (Versão A3ES 2018-2023)

1. Caracterização da Unidade Curricular.

1.1. Designação da unidade curricular (1.000 carateres).

Grafos e Redes /
Graphs and Networks

1.2. Sigla da área científica em que se insere (100 carateres).

MAT

1.3. Duração¹ (100 carateres).

Semestral

1.4. Horas de trabalho² (100 carateres).

162h

1.5. Horas de contacto³ (100 carateres).

T – 37,5h; TP - 30h

1.6. ECTS (100 carateres).

6

1.7. Observações⁴ (1.000 carateres).

1.7. Remarks (1.000 carateres).

2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres).

José Leonel Linhares da Rocha - 33,75h

3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (1.000 carateres).

Sónia Raquel Ferreira Carvalho - 33,75h

4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes). (1.000 carateres).

Os alunos que terminam com sucesso esta unidade curricular serão capazes de:

1. Identificar e utilizar conceitos e fundamentos sobre teoria de grafos;
2. Interpretar e resolver problemas clássicos de redes e fluxos, com aplicações às redes de comunicação;
3. Representar redes, determinar estatísticas de distâncias e coeficiente de clustering;
4. Analisar a centralidade de uma rede;
5. Caracterizar redes aleatórias: clássicas (Erdős-Rényi), pequeno mundo (Watts-Strogatz) e livres de escala (Barabasi-Albert);
6. Aplicar os conceitos abordados na unidade curricular à análise de redes sociais.

4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students). (1.000 characters).

The students that are approved in this curricular unit should be able to:

1. Identify and use general concepts and fundamentals on graph theory;
2. Understand and solve classical problems on networks and flows, in particular in communication networks;
3. Represent networks and compute the distance statistics and clustering coefficient of a network;
4. Analyze the network centrality;
5. Characterize random networks: classical (Erdős-Rényi), small world (Watts-Strogatz) and scale-free (Barabasi-Albert);
6. Apply the concepts learned in this unit to analyze social networks.

5. **Conteúdos programáticos (1.000 caracteres).**

1. **Generalidades sobre teoria de grafos**

- Fundamentos: grafos orientados e não orientados; grafos etiquetados e não etiquetados; métrica; subgrafos
- Distância e conectividade: grafos conexos, componentes conexas; grafos fortemente conexos
- Isomorfismos, invariantes e teoria espectral
- Árvores: propriedades e terminologia; redes de transportes; árvores como estruturas de dados

2. **Redes e fluxos**

- Fluxo máximo
- Fluxo de custo mínimo
- Redes de comunicação

3. **Análise de redes**

- Representação de redes
- Grau: distribuição e correlações
- Estatísticas de distâncias
- Coeficiente de clustering : local e global
- Centralidade

4. **Redes aleatórias**

- Redes aleatórias clássicas (Erdős-Rényi): distribuição de graus; métricas para grafos aleatórios
- Redes pequeno mundo (Watts-Strogatz)
- Redes livres de escala (Barabasi-Albert)

5. **Redes sociais**

- Contexto histórico e exemplos
- Centralidade e prestígio; equilíbrio estrutural; subgrupos coesivos; redes de afiliação
- Equivalência estrutural, automórfica e regular

5. **Syllabus (1.000 characters).**

1. **Introduction to graph theory**

- General concepts: graphs and directed graphs; weighted and non-weighted graphs; metrics; subgraphs
- Distance and connectivity: connected graphs, clusters; connectivity for directed graphs
- Invariants and isomorphisms, spectral graph theory
- Trees: fundamentals; trees and transportation networks; trees as data structures; spanning trees

2. **Networks and flows**

- Maximum flows
- Minimum cost flows
- Communication networks

3. **Network analysis**

- Network representations
- Vertex degrees: degree distribution; degree correlations
- Distance statistics
- Clustering coefficient
- Centrality

4. Random networks

- Classical random networks (Erdős-Rényi): degree distribution; metrics on random graphs
- Small worlds networks (Watts-Strogatz)
- Scale-free networks (Barabasi-Albert)

5. Social networks

- Historical background and examples
- Centrality and prestige; structural balance; cohesive subgroups; affiliation networks
- Equivalence: structural, automorphic and regular

6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular** (1.000 carateres).

Os conteúdos programáticos são coerentes com os objetivos da unidade curricular, atendendo a que:
 O ponto 1 dos conteúdos programáticos pretende concretizar o ponto 1 dos objetivos de aprendizagem;
 O ponto 2 dos conteúdos programáticos pretende concretizar o ponto 2 dos objetivos de aprendizagem;
 O ponto 3 dos conteúdos programáticos pretende concretizar os pontos 3 e 4 dos objetivos de aprendizagem;
 O ponto 4 dos conteúdos programáticos pretende concretizar o ponto 5 dos objetivos de aprendizagem;
 O ponto 5 dos conteúdos programáticos pretende concretizar o ponto 6 dos objetivos de aprendizagem.

6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes** (1.000 characters).

The coherence of syllabus with curricular unit's goals is assured because:
 Topic 1 of syllabus implements point 1 of the intended learning outcomes;
 Topic 2 of syllabus implements point 2 of the intended learning outcomes;
 Topic 3 of syllabus implements points 3 and 4 of the intended learning outcomes;
 Topic 4 of syllabus implements point 5 of the intended learning outcomes;
 Topic 5 of syllabus implements point 6 of the intended learning outcomes.

7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída)** (1.000 carateres).

Ensino teórico-prático, de 30 aulas/semestre, correspondentes a 60 horas de contacto. O tempo total de trabalho do aluno é de 162 horas. Utiliza-se metodologia expositiva para apresentação da matéria. Os alunos consolidam conhecimentos resolvendo exercícios que constam na bibliografia e que são fornecidos pelo docente.

A avaliação é feita por exame, com duração de 2h30m, e com aprovação com nota maior ou igual a 10 valores.

7. **Teaching methodologies (including assessment)** (1.000 characters).

The teaching is both theoretical and practical, with 30 classes/semester, corresponding to 67.5 contact hours. Total work time of a student is about 162 hours. An expositive methodology is used for theoretical. Students consolidate the acquired knowledge solving exercises proposed by teachers. Evaluation by exam, 2.5 hours, it calls for a mark of 10 or more points.

8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular** (3.000 carateres).

As metodologias de ensino são coerentes com os objetivos da unidade curricular uma vez que, à exposição teórica e formal dos conceitos, se associa a sua concretização em contexto real. A exemplificação com problemas no âmbito dos diversos tipos de redes permite aos alunos perceber onde e como aplicar os

conhecimentos adquiridos em situações reais. A bibliografia e os materiais de apoio disponibilizados, pela sua organização, conteúdo e diversidade, possibilitam ao aluno acompanhar convenientemente todos os tópicos da matéria e são um valioso instrumento de estudo individual.

8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (3.000 characters).

Coherence of teaching methodologies with the intended learning outcomes is assured, as formal and theoretical concepts are associated with their realization in a real life context. Examples and exercises in the field of networks allow students to understand where and how to apply the acquired knowledge to real life situations. The references and the material provided, due to their organization, contents and diversity, allow students to conveniently follow all syllabus topics, constituting a valuable individual study instrument.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória (1.000 carateres).

- L. Barabasi, M. Pósfai, *Network Science*, Cambridge University Press, 2016
- B. Bollobás, *Random Graphs*, Cambridge University Press, 2001
- D. M. Cardoso, J. Szymanski, M. Rostami, *Matemática Discreta: combinatória, teoria dos grafos e algoritmos*, Escolar Editora, 2008
- V. Latora, V. Nicosia, G. Russo, *Complex Networks: principles, methods and applications*, Cambridge University Press, 2017
- M. Newman, *Networks: an introduction*, Oxford University Press, 2010
- K. H. Rosen, *Handbook of Discrete and Combinatorial Mathematics*, Taylor & Francis Ltd, 2017

¹ Anual, semestral, trimestral, ...

² Número total de horas de trabalho.

³ Discriminadas por tipo de metodologia adotado (T - Ensino teórico; TP - Ensino teórico-prático; PL - Ensino prático e laboratorial; TC - Trabalho de campo; S - Seminário; E - Estágio; OT - Orientação tutorial; O - Outro).

⁴ Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.