

---

## 1. Caracterização da Unidade Curricular

### 1.1 Designação

[4238] Grafos e Redes / Graphs and Networks

### 1.2 Sigla da área científica em que se insere

MAT

### 1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

### 1.4 Horas de trabalho

162h 00m

### 1.5 Horas de contacto

Total: 67h 30m das quais T: 37h 30m | TP: 30h 00m

### 1.6 ECTS

6

### 1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

Unidade Curricular comum ao(s) curso(s) de PGMCD

---

## 2. Docente responsável

[1420] José Leonel Linhares da Rocha

---

## 3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

[1420] José Leonel Linhares da Rocha | Horas Previstas: 67.5 horas

[1712] Sónia Raquel Ferreira Carvalho | Horas Previstas: 45 horas

---

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

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

1. Identificar e utilizar conceitos e fundamentos sobre teoria de grafos;
2. Representar redes, determinar estatísticas de distâncias e coeficiente de clustering;
3. Analisar medidas centralidade de uma rede;
4. Caracterizar redes aleatórias: clássicas (Erdős-Rényi), pequeno mundo (Watts-Strogatz) e livres de escala (Barabasi-Albert);
5. 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)**

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. Represent networks and compute the distance statistics and clustering coefficient of a network;
3. Analyze the network centrality measures;
4. Characterize random networks: classical (Erdős-Rényi), small world (Watts-Strogatz) and scale-free (Barabasi-Albert);
5. Apply the concepts learned in this unit to analyze social networks.

---

**5. Conteúdos programáticos**

**1. Generalidades sobre teoria de grafos**

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

**1. Análise de redes**

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

**1. 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)

**1. Redes sociais**

- Contexto histórico e exemplos
- Centralidade e prestígio; equilíbrio estrutural; subgrupos coesos; redes de afiliação

---

## 5. Syllabus

### 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

### 1. Network analysis

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

### 1. Random networks

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

### 1. Social networks

- Historical background and examples
- Centrality and prestige; structural balance; cohesive subgroups; affiliation networks

---

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

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 os pontos 2 e 3 dos objetivos de aprendizagem;

O ponto 3 dos conteúdos programáticos pretende concretizar o ponto 4 dos objetivos de aprendizagem;

O ponto 4 dos conteúdos programáticos pretende concretizar o ponto 5 dos objetivos de aprendizagem.

---

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

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 points 2 and 3 of the intended learning outcomes;

Topic 3 of syllabus implements point 4 of the intended learning outcomes;

Topic 4 of syllabus implements point 5 of the intended learning outcomes.

---

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

Desde que estejam reunidas as condições necessárias, esta UC poderá ser parcialmente lecionada à distância de forma síncrona (1/3 das horas de contacto semanais)

Avaliação distribuída com exame final: incluindo a realização de um exame escrito de avaliação sobre os conteúdos programáticos, a realizar durante a época de exames; relatórios individuais sobre atividades desenvolvidas; um projeto ou trabalho global realizado em grupo. A classificação final é calculada em função do exame(40%), dos relatórios sobre as atividades desenvolvidas(20%) e do projeto ou trabalho global (40%), incluindo uma apresentação oral feita pelos alunos. Para obter aprovação, o aluno deverá obter uma classificação mínima de 9,50 valores, resultante da média ponderada das diversas componentes de avaliação. Todas as componentes de avaliação são pedagogicamente fundamentais, com nota mínima de 8,00 valores.

---

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

As long as the necessary conditions are met, this CU can be partially taught remotely in a synchronous manner (1/3 of the weekly contact hours).

Distributed assessment with final exam: including a written exam on the syllabus, to be taken during the exam season; individual reports on activities carried out; a project or global work carried out in groups. The final grade is calculated on the basis of the exam (40 per cent), the reports on the activities carried out (20 per cent) and the overall project or assignment (40 per cent), including an oral presentation by the students. To pass, the student must obtain a minimum score of 9.50, resulting from the weighted average of the various assessment components. All the assessment components are pedagogically fundamental, with a minimum score of 8.00.

---

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

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**

Coherence of teaching methodologies with the intended learning outcomes is assured, as formal and theoretical concepts are associated with their realization in 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

- 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
- F. Menczer, S. Fortunato, C. A. Davis, *A First Course in Network Science*, Cambridge University Press, 2020
- M. Newman, *Networks: an introduction*, Oxford University Press, 2010
- K. H. Rosen, *Handbook of Discrete and Combinatorial Mathematics*, Taylor & Francis Ltd, 2017
- M. van Steen, *Graph Theory and Complex Networks: an Introduction*, M. van Steen, 2010

---

10. Data de aprovação em CTC 2024-07-17

---

11. Data de aprovação em CP 2024-06-26