

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

### 1. Caracterização da Unidade Curricular.

**1.1. Designação da unidade curricular (1.000 carateres).**

Complementos de otimização

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

MAT

**1.3. Duração<sup>1</sup> (100 carateres).**

Semestral

**1.4. Horas de trabalho<sup>2</sup> (100 carateres).**

162

**1.5. Horas de contacto<sup>3</sup> (100 carateres).**

TP 67,5

**1.6. ECTS (100 carateres).**

6

**1.7. Observações<sup>4</sup> (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).**  
Sónia Carvalho, 36h

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

Filipe Cal, 31,5

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

Concluindo esta UC, os estudantes deverão ser capazes de:

1. Identificar modelos genéricos de otimização e utilizar as técnicas algorítmicas a eles associadas.
2. Aplicar os modelos estudados a problemas concretos.
3. Analisar a complexidade espacial e temporal de algoritmos.
4. Demonstrar matematicamente a correção de um algoritmo.
5. Compreender e distinguir os diferentes paradigmas das técnicas algorítmicas: dividir e conquistar, algoritmos gananciosos e programação dinâmica.
6. Conhecer e compreender as várias variantes do problema do caminho ótimo.
7. Compreender, aplicar e implementar os algoritmos de Dijkstra, Bellman-Ford e Floyd-Warshall.
8. Compreender os problemas do fluxo máximo e do fluxo máximo de custo mínimo, numa rede e aplicar os algoritmos estudados.
9. Relacionar o fluxo máximo com o corte mínimo e com problemas de conectividade.
10. Identificar e relacionar os problemas de fluxos em redes com problemas de emparelhamento, roteamento, localização e robustez.

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

Completing with success this course, the students must be able of

1. Identify generic optimization models and apply the algorithmic techniques associated.
2. Apply the studied models to given problems.
3. Analyse the complexity of algorithms in terms of time and space.
4. Prove the correctness of an algorithm using mathematical tools.
5. Understand and distinguish the different paradigms of algorithmic techniques, namely: divide and conquer, greedy and dynamic programming.
6. Know and understand the several variants of the optimal path problem.
7. Understand, apply and implement Dijkstra, Bellman-Ford and Floyd-Warshall algorithms, as well as their applications to other problems.
8. Understand the maximum flow and minimum cost maximum flow problems in a network and apply the algorithms studied.
9. Relate the maximum flow with the minimum cut and with connectivity problems.
10. Identify and relate the problems in networks flows with matching, routing, localization and robustness problems.

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

1. Algoritmos e otimização: generalidades sobre algoritmos, apresentação de alguns problemas clássicos de otimização, revisões sobre pesquisa em grafos.
2. Complexidade de algoritmos. Análise assintótica: crescimento de funções e tempo de execução de algoritmos, notação assintótica, ciclos e funções recursivas. Estratégia dividir e conquistar, teorema principal.
3. Algoritmos gananciosos: descrição, propriedades e aplicações a problemas de otimização. Problema do troco e da mochila fracionada, sequenciação de tarefas.
4. Programação dinâmica: subestrutura ótima, problemas coincidentes. Estratégias bottom-up e top-down. Aplicações a problemas de otimização.
5. Caminhos ótimos: taxonomia do problema do caminho mais curto em redes, algoritmos Dijkstra, Bellman-Ford e Floyd-Warshall, caminhos ótimos e programação dinâmica, aplicações a problemas clássicos.
6. Fluxos em redes: conectividade e conjuntos de corte, fluxo máximo, método de Ford-Fulkerson, teorema do fluxo máximo-corte mínimo, aplicações do fluxo máximo, fluxo de custo mínimo, cancelamento de ciclos, caminhos mais curtos sucessivos.

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

1. Algorithms and optimization: generalities about algorithms, presentation of some classical optimization problems, reviews about graph search.
2. Algorithms complexity. Asymptotic analysis: function growth and algorithm execution time, asymptotic notation, cycles and recursive functions. Divide and conquer strategy, main theorem.
3. Greedy algorithms: description, properties and applications to optimization problems. Coin changing, fractional knapsack problem, job scheduling problem.
4. Dynamic programming: overlapping subproblems and optimal substructure. Bottom-up and top-down strategies. Applications to optimization problems.
5. Optimal paths: taxonomy of the shortest path problem in networks, Dijkstra, Bellman-Ford and Floyd-Warshall algorithms, optimal paths and dynamic programming, applications to classical problems.
6. Network flows: connectivity and cut sets, maximum flow, Ford-Fulkerson method, maximum flow-minimum cut theorem, applications of maximum flow, minimum cost flow, cycle cancellation algorithm, successive shortest paths algorithm.

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

Os conteúdos programáticos são coerentes com os objetivos da unidade curricular, atendendo a que:

O ponto 1 dos conteúdos programáticos pretende concretizar os pontos 1 e 2 dos objetivos;  
O ponto 2 dos conteúdos programáticos pretende concretizar o ponto 3 e 4 dos objetivos;  
Os pontos 3 e 4 dos conteúdos programáticos pretendem concretizar os pontos 4 e 5 dos objetivos;  
O ponto 5 dos conteúdos programáticos pretende concretizar os pontos 6 e 7 dos objetivos;  
O ponto 6 dos conteúdos programáticos pretende concretizar os pontos 8, 9 e 10 dos objetivos.

**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 objective's point 1 and 2;  
Topic 2 of syllabus implements objective's point 3 and 4;  
Topic 3 and 4 of syllabus implement objective's points 4 and 5;  
Topic 5 of syllabus implements objective's point 6 and 7;  
Topic 6 of syllabus implements objective's point 8, 9 and 10.

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

Aulas teórico-práticas, nas quais são resolvidos exercícios que ilustram os conceitos teóricos. É dado especial ênfase a problemas que interligam a modelação de problemas reais e as ferramentas computacionais desenvolvidas para a sua resolução. A avaliação de conhecimentos compreende duas componentes, uma teórica e outra prática. A componente teórica é constituída por um exame (nota mínima de 9.5 valores). A componente prática é constituída por fichas de exercícios regulares sobre cada capítulo, 30% da nota final e de um trabalho prático com apresentação e discussão obrigatória, com ponderação de 30% na nota final. A nota final do aluno, NF, será obtida através da fórmula  $NF=0.4NT+0.6NP$  onde NT representa a nota da componente teórica e NP a nota da componente prática.

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

Theoretical-practical classes, in which exercises are solved to illustrate the theoretical concepts. Special emphasis is given to problems that link the modelling of real problems and the computational tools developed to solve them. The evaluation of knowledge comprises two components, one theoretical and one practical. The theoretical component consists of an exam (minimum score of 9.5). The practical component consists of regular exercise sheets on each chapter, 30% of the final grade, and of a practical work with compulsory presentation and discussion, with 30% weighting in the final grade. The final grade of the student, NF, will be obtained through the formula  $NF=0.4NT+0.6NP$  where NT represents the grade of the theoretical component and NP the grade of the practical component.

**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 problemas de otimização e respetivos algoritmos 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 and learning outcomes are assured, as formal and theoretical concepts are associated with their realization in a real life context. Examples and exercises in the field of optimization and algorithms allow students to understand where and how to apply the knowledge they acquired in 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).**

1. T.H. Cormen, C.E. Leiserson, R.L. Rivest and C. Stein, Introduction to Algorithms, 4th edition, MIT Press (2022).
2. R.K. Ahuja, T.L. Magnantini, J. Orlin, Network Flows, Prentice Hall (1988).
3. M.C. Goldbarg, H.P. Luna, Otimização Combinatória e Programação Linear: modelos e algoritmos, Elsevier (2005)
4. J.L. Szwarficter, Teoria Computacional de Grafos, Elsevier (1998).
5. J. Kleinberg, E. Tardos, Algorithm Design, Pearson New International Edition (2014).

---

<sup>1</sup> Anual, semestral, trimestral, ...

<sup>2</sup> Número total de horas de trabalho.

<sup>3</sup> 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).

<sup>4</sup> Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.