

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

### 1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).  
Física Estatística Computacional / Computational Statistical Physics
- 1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).  
FIS
- 1.3. **Duração**<sup>1</sup> (100 carateres).  
Semestral
- 1.4. **Horas de trabalho**<sup>2</sup> (100 carateres).  
162h
- 1.5. **Horas de contacto**<sup>3</sup> (100 carateres).  
TP: 67,5; OT: 5
- 1.6. **ECTS** (100 carateres).  
6
- 1.7. **Observações**<sup>4</sup> (1.000 carateres).  
Optativa
- 1.7. **Remarks** (1.000 carateres).  
Optional

### 2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres). Pedro Manuel Alves Patrício da Silva (67,5)

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

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

1. Saber aplicar os conceitos fundamentais da mecânica clássica a sistemas com um grande número de partículas. Compreender a relação entre as grandezas estatísticas destes sistemas e as grandezas termodinâmicas fundamentais, como a temperatura e a entropia.
2. Compreender as leis e conceitos fundamentais da física estatística, com particular destaque para a distribuição de Boltzmann. Saber aplicar os conceitos da física estatística a problemas de índole geral, como o problema do caixeiro viajante, o movimento dos fluidos, a econo- e socio-física, etc.

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

1. To be able to apply the fundamental concepts of classical mechanics to systems with a large number of particles. To understand the relation between the statistical quantities of these systems and the fundamental thermodynamical concepts, such as temperature and entropy.
2. To know the fundamental laws and ideas from statistical physics, with particular emphasis to Boltzmann distribution. To be able to apply these notions to problems of general nature, such as the traveling salesman problem, the motion of fluids, econo- and socio-physics, etc.

### 5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).

1. Física Estatística do Equilíbrio
  - Relação entre a termodinâmica e a estatística
  - Temperatura e entropia
  - Distribuição de Boltzmann e distribuição de Maxwell

- Transições de fase, pontos críticos, classes de universalidade
- Modelo de Ising. Método de Metropolis
- Aplicações: métodos de minimização para problemas com múltiplos mínimos

## 2. Física Estatística Fora do equilíbrio

Sistemas perto do equilíbrio. Sistemas em movimento

- Equação de Boltzmann e de Lattice Boltzmann, dinâmica de fluidos computacional
- Movimento Browniano, Equação de Langevin, eventos raros

Sistemas longe do equilíbrio. Sistemas dissipativos e activos

- Lei de Pareto e criticalidade auto-organizada
- Redes complexas. Mundos pequenos
- Modelos de propagação e de evolução
- Aplicações: Econofísica e Sociofísica

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

### 1. Statistical Physics of Equilibrium

- Relationship between thermodynamics and statistics
- Temperature and Entropy
- Boltzmann distribution and Maxwell distribution
- Phase transitions, critical points, universality classes
- Ising model. Method of Metropolis
- Applications: Methods of minimization for problems with multiple minima

### 2. Statistical Physics Out of Equilibrium

Systems close to equilibrium. Systems in motion

- Boltzmann and Lattice Boltzmann Equation, Computational Fluid Dynamics
- Brownian Motion, Langevin Equation, rare Events

Systems far from equilibrium. Dissipative and Active systems

- Pareto's law and self-organized criticality
- Complex networks. Small world networks
- Models of propagation and evolution
- Applications: Econophysics and Sociophysics

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

Os vários pontos ou capítulos dos conteúdos programáticos correspondem aos conceitos fundamentais a adquirir referidos nos objectivos da unidade curricular.

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

The chapters of the syllabus correspond to the fundamental concepts referred in the objectives of the curricular unit.

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

Leccionação de aulas teóricas e aulas teórico-práticas. Durante as aulas teórico-práticas serão propostos alguns problemas numéricos para resolver através da implementação dum código em java, matlab, c++, fortran, ou outra ferramenta de programação. Os alunos devem utilizar estas aulas para iniciar os seus códigos, e tirar dúvidas sobre a correcta implementação dos algoritmos numéricos necessários para resolver os problemas propostos.

A avaliação de conhecimentos é realizada a partir da elaboração de dois trabalhos numéricos, um mais simples e imediato, outro ligeiramente mais elaborado, e ainda de um exame final escrito, abrangendo toda a matéria, com a duração de 2,5 horas, em qualquer das duas épocas de exame previstas no calendário escolar. Cada um dos trabalhos numéricos valerá 25% da nota final, enquanto que o exame final valerá os restantes 50%.

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

Lectures and practical sessions. During the practical sessions, it will be proposed some numerical problems to solve by implementing a code in java, matlab, c ++, fortran, or another programming tool. Students should use these sessions to initiate their codes, and ask questions about the correct implementation of the necessary numerical algorithms to solve the proposed problems.

The assessment is carried out from two numerical works, a simpler and more immediate, another one slightly

more elaborate, and a final written exam, covering the whole program, lasting 2.5 hours, in any one of the two examination periods in the school calendar. Each numerical work corresponds to 25% of the final grade, while the final exam corresponds to the remaining 50%.

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

Os exames medem a aquisição dos conceitos fundamentais dados na unidade curricular. Os trabalhos numéricos permitem a aquisição prática destes conceitos fundamentais.

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

The exams measure the acquisition of the fundamental concepts given in the curricular unit. The numerical projects allow the practical acquisition of these fundamental concepts.

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

1. Patrício, P., slides da unidade curricular de "Física Estatística Computacional", disponibilizados no moodle.
2. Teixeira, P.I.C. e Casquilho, J.P., "Introdução à Física Estatística", IST Press, 2011.
3. Ball, P., "Massa Crítica. O modo como uma coisa conduz a outra", Gradiva, 2009.
4. Thijssen, J., "Computational Physics", Cambridge University Press, 2007.
5. Succi, S., "The Lattice Boltzmann Equation for Fluid Dynamics and Beyond", Oxford University Press, 2001.

---

<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.