

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

### 1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).  
Processamento Digital de Sinais / Digital Signal Processing
- 1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).  
ET
- 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).  
67,5 (T – 15; TP – 20; PL – 32,5)
- 1.6. **ECTS** (100 carateres).  
6,0
- 1.7. **Observações**<sup>4</sup> (1.000 carateres).  
UC comum com outros cursos
- 1.7. **Remarks** (1.000 carateres).  
CU is shared with other courses

### 2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres). Paulo Alexandre Carapinha Marques – 67,5h

### 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).

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

1. Compreender as vantagens, as limitações e os parâmetros de projeto envolvidos na realização de sistemas de processamento digital de sinais em tempo real.
2. Conhecer sistemas discretos e as suas aplicações.
3. Projetar e implementar sistemas de processamento de sinais em tempo real.
4. Desenvolver programas de processamento digital de sinal, filtros digitais e análise espectral em Matlab, em DSP e em microcontroladores.
5. Projetar e implementar sistemas de processamento digital de imagem.

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

Students who successfully complete this course will be able to:

1. Understand the advantages, limitations and parameters involved in performing digital processing systems in real time.
2. Know discreet systems and their applications.
3. Project and implement real time digital signal processing systems.
4. Develop programs of digital signal processing, digital filters and spectral analysis in Matlab, DSP, and microcontrollers.
5. Project and implement digital image processing systems

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

- I. Sistemas para processamento digital de sinais.

- II. Transformada de Fourier para sinais discretos no tempo (DTFT).
- III. Transformada Z.
- IV. Sistemas discretos.
- V. Projeto de filtros FIR.
- VI. Projeto de filtros IIR.
- VII. Transformada de Fourier Discreta (DFT) e seu cálculo através da FFT.
- VIII. Convolução linear e circular e sua aplicação em sistemas de tempo-real.
- IX. Sinais e sistemas discretos 2D: Processamento Digital de Imagem.

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

- I. Digital signal processing systems.
- II. Discrete Time Fourier Transform (DTFT).
- III. Z Transform.
- IV. Discrete Systems.
- V. FIR filter design.
- VI. IIR Filter Design.
- VII. Discrete Fourier Transform (DFT) and its computation through FFT.
- VIII. Linear and circular convolution and its application in real-time systems.
- IX. Two dimensional discrete signals and systems: Digital Image Processing.

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

Esta UC tem como principal objetivo o projeto de sistemas de processamento digital de sinais e a sua implementação em tempo real. Estudam-se as aplicações em problemas concretos na área das comunicações e as limitações impostas pelas plataformas hardware de suporte à sua implementação.

Em I é realizada a introdução aos sistemas de processamento digital de sinais, onde são abordados os parâmetros envolvidos no processamento em tempo real, assim como as limitações destes sistemas.

Em II e III é introduzida a teoria de sinais discretos e em IV a teoria dos sistemas discretos, na sua generalidade, assim como as suas aplicações nas diversas áreas, desde as telecomunicações ao processamento áudio e de imagem.

O projeto de filtros digitais (V e VI) é usado como exemplo de um sistema de processamento digital em tempo real. São estudados e implementados diversos tipos de filtros com aplicações a problemas típicos.

Outras aplicações de processamento digital de sinais são expostas e implementadas em VII e VIII.

Em IX as ferramentas de processamento digital de sinal são generalizadas para sinais bidimensionais sendo aplicadas ao processamento digital de imagem.

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

This course main goal is the project of digital signal processing systems and their real time implementations. The application to real problems in communications and the limitations imposed by the support hardware are studied.

In I, an introduction to digital signal processing systems is performed and the parameters involved in the real-time processing are addressed, as well as the limitations of these systems.

In II and III, the discrete signals theory is introduced and in IV the discrete systems theory is introduced, in its generality as well as its applications ranging from the telecommunications to the audio and image processing.

The project of digital filters (V and VI) is used as the first example of a real time digital signal processing system. Several filtering types are studied and implemented with application to typical problems.

Other applications involving digital signal processing are exposed and implemented in VII and VIII.

In IX the digital signal processing tools are extended for two dimensional signals being applied to digital image processing.

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

T/TP – São expostos conceitos e exemplos de sistemas discretos de processamento em tempo real.

PL – Para cada conteúdo programático é realizado um sistema de processamento em tempo real onde são analisados os parâmetros envolvidos no processamento.

Os resultados da aprendizagem são avaliados através de trabalhos laboratoriais com realização dos respetivos relatórios e exame oral sobre os trabalhos práticos e a totalidade dos conteúdos programáticos.

A avaliação envolve as seguintes componentes:

- Desempenho individual em laboratório (30%)
- Relatórios dos trabalhos laboratoriais (30%)
- Exame oral acerca do trabalho desenvolvido no laboratório e sobre a totalidade dos conteúdos programáticos (40%)

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

T/TP - Addresses concepts and examples of real-time digital signal processing systems.

PL - For each syllabus a discrete processing system in real time is performed, and the parameters involved are analysed.

The learning outcomes are evaluated through laboratory work, their written report and oral discussion of the presented works as well as oral examination of all the syllabus.

The evaluation involves the following components:

- Individual performance on the laboratory (30%)
- Written reports of the laboratory work (30%)
- Oral exam about the work developed on the laboratory and all the syllabus (40%)

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

Nas aulas teóricas são expostos os conteúdos programáticos que são as bases para a realização do respetivo trabalho prático. Estas aulas correspondem aos objectivos 1 e 2. O domínio da componente teórica é essencial para a realização do trabalho laboratorial. Nas aulas práticas são reforçados os objectivos 1 e 2. O estudante nestas aulas tem um contacto permanente com sistemas reais onde são atingidos os objectivos 3, 4 e 5, sendo a avaliação realizada com base na demonstração do trabalho realizado e em relatórios escritos.

Todos os objectivos de 1 a 5 são avaliados no exame oral final.

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

In theoretical classes, syllabus is exposed, which is the basis for the development of the respective practical work. These classes correspond to objectives 1 and 2. Theoretical component is essential to the success of the corresponding laboratory project. In the laboratory classes objectives 1 and 2 are reinforced. In these classes, students have permanent contact with real systems where objectives 3, 4 and 5 are achieved, being the evaluation based on work demonstration and written reports.

All objectives from 1 to 5 are evaluated on the final oral exam.

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

- Steven W. Smith, *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, California Tech. Pub., 2018
- Jonh C. Russ, F. Brent Neal, *"The Image Processing Handbook"*, 7th Ed., CRC Press, 2017
- Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schaffer, John R. Buck, *"Discrete-Time Signal Processing (3rd Edition)"*, Pearson, 2013
- Kuo S., Lee B., *"Real-Time Digital Signal Processing: Fundamentals, Implementations and Applications"*, Wiley-Blackwell, 3rd ed., 2013
- McClellan J., *"DSP First"*, Prentice Hall, 2nd ed., 2015

<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.