



---

## 1. Caracterização da Unidade Curricular

### 1.1 Designação

[4079] Processamento Digital de Sinais Biomédicos / Biomedical Digital Signal Processing

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

EB

### 1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

### 1.4 Horas de trabalho

140h 00m

### 1.5 Horas de contacto

Total: 69h 30m das quais T: 22h 30m | TP: 45h 00m | O: 2h 00m

### 1.6 ECTS

5.5

### 1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

---

## 2. Docente responsável

[1755] André Ribeiro Lourenço

---

## 3. Docentes e respetivas cargas

letivas na unidade curricular [1690] Joel Vera Cruz Preto Paulo | Horas Previstas: 67.5 horas

[1755] André Ribeiro Lourenço | Horas Previstas: 67.5 horas

---

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

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

1. Conhecer conceitos relacionados com os sinais e as suas múltiplas representações;
2. Analisar um espectro, interpretando as suas características fundamentais, prevendo a representação temporal do sinal em análise;
3. Compreender o processo de amostragem, frequência de Nyquist e os passos necessários à conversão analógico-digitais;
4. Conhecer os conceitos relacionados SLITs, a convolução, resposta impulsional e em frequência;
5. Implementar filtros FIR e IIR e estabelecer critérios para avaliação do seu desempenho;
6. Analisar filtros FIR e IIR usando a transformada Z;
7. Aplicar Técnicas de extração de características baseadas na análise temporal e no domínio da frequência;
8. Aplicar métodos de aprendizagem supervisionada para classificação automática de sinais;
9. Conhecer as bibliotecas Python numpy, scipy, matplotlib e scikitlearn

---

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

On successful completion of this course, students will be able to:

1. Understand concepts related to signals and their multiple representations, applying them to the synthesis of real signals;
2. Analyze a spectrum, interpreting its fundamental characteristics (bandwidth, dominant frequencies, etc ...), correlating it with the temporal representation of the signal under analysis;
3. Understand the process of sampling, the Nyquist frequency and the necessary steps to convert analog and digital signals;
4. Know the basic SLIT related concepts, convolution, impulse response and frequency;
5. Implement FIR and IIR filters, and establish criteria for evaluating their performance.
6. Analyze FIR and IIR filters using the Z transform;
7. Apply feature extraction techniques based on temporal and frequency analysis
8. Apply supervised learning methods for the automatic classification of signals;
9. Know the following Python libraries: numpy, scipy, matplotlib and scikitlearn.

---

## 5. Conteúdos programáticos

- I. Revisões sobre sinais contínuos e representação no domínio de Fourier. Exemplos com sinais reais (ECG, EEG, Acelerometria).
- II. Descrição do processo de amostragem e conversão A/D e D/A.
- III. Sinais discretos. Diferentes representações no domínio da frequência (DFS, DTFT, DFT)
- IV. Análise espectral - Discrete Fourier Transform (DFT) e implementação usando FFT; espectrograma e relação com a STFT.
- V. Processamento digital de sinais - SLITs Discretos. Diagramas de Blocos.
- VI. Filtros FIR. Convolução e resposta impulsional.
- VII. Resposta em frequência. Análise de sistemas. Filtragem ideal ? passa baixo, alto, banda. Remoção de ruído típico.
- VIII. Análise sistemática de filtros usando a transformada Z. Pólos e Zeros.
- IX. Extração de características baseadas na análise temporal e da frequência
- X. Aprendizagem supervisionada para classificação automática de sinais

---

## 5. Syllabus

- I. Revisions about continuous time signals and Fourier representation. Examples with real signals (ECG, EEG, Accelerometer).
- II. Description of the sampling and A/D and D/A conversion process.
- III. Digital Signals. Different spectral representations (DFS, DTFT, DFT).
- IV Spectral Analysis using DFT and its implementation using FFT; spectrogram and relation with the short time Fourier transform (STFT).
- V. Digital Signal processing - Discrete LTIs. Block Diagrams.
- VI. FIR filters. Convolution and impulse response.
- VII. Frequency response. Systems analysis - filtering concept. Ideal Filtering - low pass, high band. Typical noise removal.
- VIII. Systematic analysis of filters using the transformed Z. Poles and Zeros.
- IX. Feature Extraction based on temporal and spectral domains.
- X. Supervised learning for automatic classification of signals.

---

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

Esta unidade curricular introduz a análise e representação de sinais discretos, nos domínios do tempo e da frequência, o estudo de filtros e a sua aplicação a sinais biomédicos. Vão ainda ser extraídas características de sinais biomédicos e introduzidos conceitos relacionados com aprendizagem automática (técnicas de aprendizagem supervisionada) para classificação automática de sinais.

O processo de ensino/aprendizagem dos tópicos abordados é suportado na realização de um conjunto de trabalhos de laboratório recorrendo ao Python (usando as bibliotecas numpy, matplotlib, scipy e scikitlearn) e recorrendo a exemplos práticos de sinais fisiológicos de bases de dados de referência e recolhidos in loco com o auxílio de sensores e plataformas opensource (Arduino e BITalino).

---

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

This course covers fundamentals of digital signals, filters and their application on biomedical signals. Feature extraction of biomedical signals are going to be used for automatic classification of signals (in a supervised perspective). The teaching / learning process is supported by the realization of a set of laboratory work using the Python (using numpy libraries, matplotlib, scipy and scikitlearn) and using practical examples of physiological signals from reference databases and collected in situ with the help of sensors and opensource platforms (Arduino and BITalino).

---

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

A metodologia de ensino desenvolve-se em várias componentes:

T - 21 horas de contacto teóricas - Exposição e discussão dos conceitos teóricos, incentivando à interatividade e colocação de questões;

PL - 42 horas de contato de prática laboratorial: Os conceitos teóricos são aprofundados através da implementação de exemplos práticos, realizados em grupo.

A avaliação é efetuada por avaliação distribuída com exame final.

Na avaliação teórica distribuída ao longo do período letivo (TE), são realizados dois testes escritos (T1 e T2) (com nota mínima (T1, T2)  $\geq 8,00$ ). Os estudantes ficam dispensados do exame final (EF), caso a avaliação (TE) seja  $\geq 9,50$  valores. A avaliação não contempla a realização de exames parciais).

A avaliação prática contempla a realização de trabalhos práticos (TP) ao longo do semestre.

Para aprovação o aluno deverá ter uma classificação final (CF) mínima de 9.50 valores dada por  $CF = 0.5TE + 0.5TP$  ou  $CF = 0.5EF + 0.5TP$ .

---

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

The teaching methodology is developed in several components:

T - 21 theoretical teaching contact hours - Presentation and discussion of theoretical concepts, interactivity and asking questions are encouraged;

PL - 42 laboratory practice contact hours: Theoretical concepts are further developed through the implementation of practical examples, performed in groups.

Assessment is carried out by distributed assessment with a final exam.

In the theoretical assessment distributed throughout the academic period (TE), two written tests are carried out (T1 and T2) (with a minimum grade (T1, T2  $\geq$  8.00). Students are exempt from the final exam (EF) if the assessment (TE) is  $\geq$  9.50 points. The assessment does not include partial exams).

Practical assesment is carried out through the evaluation of Python-based assignments (TP) during the semester.

To be approved, the minimum grade (CF) is 9.50/20 given by  $CF = 0.5TE + 0.5TP$  or  $CF = 0.5EF + 0.5TP$ .

---

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

Nas aulas teóricas são expostos os conteúdos programáticos a que correspondem os objetivos de aprendizagem 1 a 10;

Nas aulas de prática laboratorial são abordadas as técnicas associadas a estes objectivos de aprendizagem usando o Python como ferramenta.

---

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

In theoretical classes, syllabus content is presented, which match the learning outcomes 1 to 10.

In laboratorial classes students practice in the Python the techniques associated with these learning outcomes.

---

**9. Bibliografia de  
consulta/existência obrigatória**

McCiellan, Schafer and Yoder, DSP FIRST: A Multimedia Approach. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1998. Prentice Hall

Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schafer, Discrete-Time Signal Processing, Pearson, 3rd Ed., 2013

Steven W. Smith, The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, California Tech. Pub., 1st Ed., 1997 - Download gratuito e legal em <http://www.dspguide.com>



**Ficha de Unidade Curricular A3ES**  
**Processamento Digital de Sinais Biomédicos**  
**Licenciatura em Engenharia Biomédica**  
**2024-25**

---

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

---

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