

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

### 1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).  
Processamento de Imagem e Biometria / Image Processing and Biometrics
- 1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).  
IC
- 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).  
67,5H (T:43,5H TP:12h ; PL: 12H)
- 1.6. **ECTS** (100 carateres).  
6
- 1.7. **Observações**<sup>4</sup> (1.000 carateres).  
Optativa
- 1.7. **Remarks** (1.000 carateres).  
Optative

### 2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres). Artur Jorge Ferreira (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. Definir os conceitos fundamentais de processamento digital de imagem e de sistemas biométricos.
2. Definir os conceitos base relativos a sistemas de aprendizagem supervisionada e sua avaliação.
3. Descrever e explicar o funcionamento dos atuais sistemas de reconhecimento baseados em características biométricas.
4. Analisar e formular as características de um sistema de reconhecimento biométrico, em função de determinado conjunto de requisitos.
5. Escolher as técnicas e as ferramentas mais adequadas para sistemas de processamento de imagem e sistemas biométricos.
6. Prever, avaliar e comparar o desempenho de sistemas de reconhecimento biométrico.
7. Desenvolver e avaliar sistemas de processamento de imagem e de reconhecimento biométrico.
8. Escrever relatórios técnicos com análise comparativa e discussão de diferentes soluções.

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

A student completing this course unit should be able to:

1. Define the fundamental concepts of digital image processing and biometric systems.
2. Define the key concepts related to supervised machine learning techniques.
3. Describe and explain how the current biometric recognition systems work for recognition tasks.
4. Analyze and formulate the main features of a biometric recognition system, as a function of the set of requisites and goals to achieve.
5. Choose the adequate tools and techniques for both digital image processing and biometric systems.

6. Predict, evaluate, and compare the performance of digital image processing and biometric systems.
7. Develop and evaluate digital image processing and biometric systems.
8. Write technical reports, with a comparative analysis and discussion of different solutions.

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

- I. Aquisição de imagem, o sistema visual humano e a biometria.
- II. Processamento digital de imagem. Operações básicas. Transformações de intensidade.
- III. Filtragem espacial linear e não linear.
- IV. Operadores derivada e gradiente. Detecção de contornos.
- V. Realce de imagem.
- VI. Processamento baseado em transformada. Transformada discreta de Fourier e transformada discreta do cosseno.
- VII. Processamento de imagem colorida.
- VIII. Processamento morfológico.
- IX. Sistemas de reconhecimento de padrões. Aprendizagem automática.
- X. Avaliação de desempenho de classificadores. Matriz de confusão. Classificadores mais comuns.
- XI. Extração de características sobre imagem.
- XII. Introdução aos sistemas biométricos: características e aplicações. Medidas de avaliação.
- XIII. Sistemas biométricos: impressão digital, íris, retina, face, geometria da palma da mão e dos dedos, entre outros.
- XIV. Aspectos de implementação de sistemas biométricos.

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

- I. Image acquisition, the human visual system, and biometrics.
- II. Digital image processing. Basic operations. Intensity transformations.
- III. Linear and non-linear spatial filtering
- IV. Derivative and gradient operators. Edge detection.
- V. Image enhancement.
- VI. Transform based image processing. The discrete Fourier transform. The discrete cosine transform.
- VII. Color image processing.
- VIII. Morphologic processing.
- IX. Pattern recognition and machine learning.
- X. Classifier evaluation. Confusion matrix. Most common classifiers.
- XI. Image feature extraction.
- XII. Introduction to biometric systems: features and their usage. Evaluation metrics.
- XIII. Biometric systems based on fingerprint, iris, retina, face, geometry of the palm and fingers, among others.
- XIV. Development of biometric systems.

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

Os sistemas de reconhecimento biométrico, com processamento de imagem, possuem elevado número de aplicações. Esta unidade curricular visa fornecer aos estudantes:

- 1) conceitos e ferramentas essenciais sobre processamento digital de imagem, aprendizagem supervisionada e os classificadores mais comuns;
- 2) conhecimentos sobre o funcionamento, desenvolvimento e avaliação de sistemas biométricos.

A primeira metade do programa curricular (itens I a VIII) aborda o processamento digital de imagem, na resolução de problemas. Na segunda metade do programa curricular (itens IX a XIV), estudam-se os conceitos de aprendizagem automática supervisionada e de sistemas biométricos.

Cada metade do programa curricular é avaliada através de trabalho prático e de teste escrito. O primeiro trabalho prático aborda a aplicação de técnicas de processamento de imagem, para a resolução de problemas concretos. O segundo trabalho prático visa a realização de componentes de um sistema biométrico e sua avaliação.

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

Nowadays, biometric recognition systems with image processing, have many applications. This course unit provides to the students:

- 1) concepts and tools about digital image processing, supervised machine learning techniques as well as the most commonly used classifiers;
- 2) knowledge about the functioning, development, and evaluation of biometric systems.

The first half of the syllabus (item I to VIII) addresses the fundamental concepts of digital image processing to solve problems. In the second half of the syllabus (item IX to XIV), the key concepts of supervised machine learning and biometric systems are addressed.

Each half of the syllabus is evaluated with a laboratory/computer project and a written exam. The first project addresses the use of digital image processing techniques, to solve specific problems. The second project aims to develop and to evaluate some blocks of a biometric system and its evaluation, with some components of machine learning.

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

As aulas teórico-práticas decorrem de forma interativa, estimulando a participação dos estudantes e a realização de exercícios. A realização dos trabalhos práticos com projetos baseados em computador é acompanhada pelo docente, para assegurar a correta apreensão de conhecimentos.

Os resultados da aprendizagem (1)-(6) são avaliados através de teste global escrito (realizado no final do semestre) ou de dois testes parciais (realizados em período de aulas). Os resultados da aprendizagem (1)–(8) são avaliados através de trabalhos, projetos em computador, relatórios e discussão oral individual dos trabalhos práticos.

A Classificação Final (CF) é obtida através de  $CF = 0,5*CT + 0,5*CP$ , em que CT corresponde à classificação da componente teórica e CP é a classificação da componente prática. Para obter aprovação, os valores mínimos de CT e CP são 10 valores.

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

In the classroom, an interactive methodology is employed, stimulating the students to participate by posing them questions and exercises to solve. The completion of the laboratory (computer) projects is accompanied by the teacher, to ensure proper development of knowledge and skills of the students.

The learning outcomes (1)-(6) are evaluated by one written exam (at the end of the semester) or by two partial exams (during the semester). The learning outcomes (1)–(8) are evaluated by the laboratory projects with written report and a viva voice examination.

The Final Grade (FG) is computed by  $FG = 0.5*TCG + 0.5*LCG$ , with TCG being the Theoretical Component Grade and LCG the Laboratory Component Grade. For approval, the minimum values for TCG and LCG are 10 points (0-20 scale).

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

O conhecimento sobre o funcionamento e sobre as técnicas empregues nos atuais sistemas biométricos é obtido através de aulas interativas com diversos elementos de apoio (slides, apontamentos e software), da realização de exercícios (dentro e fora das aulas) e de dois projetos baseados em computador. Com esta abordagem, o estudante toma contacto com as diferentes e atuais abordagens existentes para processamento de imagem e para sistemas biométricos, entendendo a importância e aplicação destes sistemas.

A realização de aulas interativas, com muitos períodos curtos de exposição da teoria, acompanhada da resolução de exercícios conduz a que aos estudantes assimilem os principais conceitos da unidade curricular. Esta abordagem leva a que os estudantes consigam aplicar muitos desses conceitos nos projetos em computador, terminando com a realização

de componentes de um sistema biométrico, com supervisão do docente.

Por outro lado, a avaliação da componente teórica é realizada com dois testes parciais, sendo que o primeiro ocorre a meio do semestre letivo. Esta forma de avaliação da componente teórica revela-se adequada, dada a extensão e diversificação dos conteúdos programáticos. A realização da discussão oral final individual permite avaliar, com rigor, a qualidade dos resultados de aprendizagem para cada estudante. A classificação obtida na unidade curricular resulta da ponderação, com igual peso, das classificações obtidas nas componentes teórica e prática.

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

The knowledge about the functioning and the employed techniques of state-of-the-art biometric systems is achieved through interactive lessons, different support elements (slides, lecture notes, and software), exercises and two computer-based projects. By combining these elements, the students contact the different and up-to-date approaches for digital image processing and biometric systems, assessing the relevance and use of these systems.

The interactive lessons approach, with many short periods of theory exposition, followed by solving exercises allows the students to acquire the main concepts of the course unit. This approach allows for the students to apply many of these concepts in the computer projects, leading to the development of some blocks of a biometric system, under the teacher supervision.

The evaluation of the theoretical component is made up by two partial written exams, with the first one taking place in the middle of the semester. This evaluation of the theoretical component has been shown adequate, due to the extension of the syllabus topics. The final individual viva voce examination on the two laboratory projects allows for the teacher to evaluate each student, in detail, regarding the learning outcomes. The final grade is computed by the weighted sum (with equal weights) of the theoretical and laboratory components.

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

R. Gonzalez and R. Woods, Digital Image Processing, 2017, Pearson, 4th edition, ISBN 978-0133356724

A. Jain, A. Ross, K. Nandakumar, Introduction to Biometrics, 2011, Springer, ISBN 978-0387773261

A. Jain, P. Flynn, and A. Ross, Handbook of Biometrics, 2008, Springer, ISBN 978-0387710402

---

<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.