

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

### 1. Caracterização da Unidade Curricular.

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

Mecânica da Fratura (MF-3076)

*Fracture Mechanics*

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

TPM

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

Semestral

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

189 h

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

Total: 67,5 h; T: 0 h, TP: 67,5 h

#### 1.6. ECTS (100 carateres).

7

#### 1.7. Observações<sup>4</sup> (1.000 carateres).

Unidade curricular obrigatória

#### 1.7. Remarks (1.000 carateres).

*Compulsory*

### 2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (*preencher o nome completo*) (1.000 carateres).

Vitor Manuel Rodrigues Anes (67,5)

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

Afonso Manuel Costa Sousa Leite (67,5)

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

A unidade curricular tem como objetivo transmitir conceitos teóricos de base sobre a teoria da mecânica da fratura e apresentar casos práticos da sua aplicação em engenharia, focando os mecanismos de fratura frágil, fadiga e fluência. Para além destes objetivos, pretende-se fazer uma introdução ao conceito de adequação ao serviço ("Fitness for Service") e das principais metodologias utilizadas a nível internacional. Pretende-se ainda transmitir os conhecimentos essenciais sobre o comportamento mecânico dos materiais na perspetiva do projeto mecânico e utilização de equipamentos mecânicos. Apresentar os principais procedimentos dos ensaios mecânicos de materiais e as metodologias de previsão de vida e influência dos defeitos em situações de fratura, fadiga e fluência. Após aprovação na unidade curricular, o aluno ficará com conhecimentos da



aplicação da mecânica da fratura à avaliação dos fatores críticos associados aos defeitos em condições de fratura e fadiga.

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

The curriculum unit aims to teach the basic theoretical concepts of fracture mechanics and to present practical cases of their application in engineering, focusing on the mechanisms of fragile fracture, fatigue, and creep. In addition to these objectives, it will introduce the concept of fitness for service ("FFS") and present the main methods used in this field. It will also provide essential knowledge of the mechanical behavior of materials from the perspective of mechanical design and maintenance of mechanical equipment. It will also introduce the main methods of mechanical testing of materials and methods of life prediction, as well as the influence of failures in situations of fracture, fatigue, and creep. Upon passing the course, students will have the knowledge necessary to apply the concepts and tools of fracture mechanics to mechanical design and maintenance decision making.

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

1. **Introdução:** Modos de falha. Controle da fratura. Avaliação da fragilidade. Ensaios de impacto.
2. **Mecânica da Fratura Linear Elástica:** Critérios energéticos. Fator de intensidade de tensão: Estado de tensão plana e deformação plana, conceito de curvas R. Ensaios e domínio de validade.
3. **Mecânica da Fratura Elasto-Plástica:** Conceito de Integral J e CTOD. Curva empírica de projeto. Ensaios, limitações e domínio de validade.
4. **Fadiga:** Iniciação e propagação. Lei de Paris. Curvas SN. Efeito da tensão média. Diagrama de Goodman. Regra de Palmgren-Miner. Fadiga de amplitude variável. Espectros de carregamento. Modelos de contagem de ciclos.
5. **Fluência:** Fatores que influenciam o comportamento à Fluência. Previsão da vida em fluência. Parâmetro de Orr-Sherby-Dorn. Parâmetro de Larsson-Miller. Ensaios de fluência acelerada.
6. **Controlo de condição:** Conceito de adequação ao serviço "Fitness for Service". Controle da Fratura. Diagrama de avaliação de falha.

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

1. **Introduction:** Modes of failure. Control of fractures. Evaluation of fragility. Impact testing.
2. **Linear Elastic Fracture Mechanics:** Energy approaches. Concept of stress intensity factor. The effect of plane stress and plane strain on fracture behavior. Concept of R-curves. Mechanical tests. Range of applicability.
3. **Elastic- Plastic Fracture Mechanics:** Concept of integral J and CTOD. Empirical curve in mechanical design. Test limitations and scope of application.
4. **Fatigue:** Fatigue crack propagation. Paris Law. Mean stress effects. SN curves. Goodman criterion. Palmgren-Miner Rule. Variable amplitude loading fatigue. Load spectra. Cycle counting methods.
5. **Creep:** Factors affecting material resistance to creep. Types of creep tests. Design of mechanical components subjected to creep. Orr-Sherby-Dorn parameters. Larsson-Miller parameters. Accelerated creep tests.
6. **Failure control:** concept of fitness for service. Fitness for service - FFS". Fault evaluation diagrams.

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

Os presentes conteúdos programáticos constituem-se como tópicos avançados no domínio da mecânica da



fratura, sendo considerada necessária a existência de conhecimentos ao nível do que é expectável num 1.º ciclo de estudos num curso de engenharia mecânica ou afim. Neste pressuposto, os tópicos propostos (cuja descrição se encontra muito resumida nesta ficha), são considerados adequados, permitindo o aprofundamento de conhecimentos sobre o dano e a saúde estrutural de diferentes tipos de estruturas de efetiva relevância para a formação mais avançada de um futuro profissional de engenharia. Entende-se, portanto, que os conteúdos programáticos propostos permitem atingir os objetivos propostos para esta unidade curricular e assim contribuir para uma formação mais estruturada e completa nesta área.

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

The present syllabus comprises a set of advanced topics in the field of fracture mechanics, being considered necessary the existence of previous knowledge at the level of what is expected in a 1st cycle of studies in mechanical engineering or similar courses. In this sense, the proposed topics (whose description is very summarized in this form) are considered adequate, allowing a deeper level of knowledge about damage and structural health of different types of structures in the presence of defects and subjected to different loading conditions. This knowledge is of utmost relevance for the advanced education of a mechanical engineer. It is understood, therefore, that the proposed syllabus allows to achieve the proposed objectives for this curricular unit and thus contribute to a more structured and complete training in this area.

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

A lecionação será efetuada através de aulas de carácter teórico-prático. O aluno será introduzido a cada tema através de exposições de apresentação de cada tópico, seguidas de alguns exemplos práticos para consolidação dos conceitos que acabaram de ser lecionados. Nas aulas restantes proceder-se-á à resolução de exercícios onde os alunos aplicarão os conhecimentos adquiridos. Algumas destas aulas envolverão a realização de trabalhos com recurso a aplicações de cálculo simbólico e de elementos finitos. A avaliação de conhecimentos envolverá a realização de 1 exame final (E) e de um trabalho computacional pedagogicamente fundamental (TC). A classificação final (NF) na Unidade Curricular é o resultado de:  $NF = 0.60 NE + 0.40 NTC$ .

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

Lectures will be carried out considering a theoretical and practical approach, where the student is introduced to each subject through expositions and class discussions followed by some practical examples. To consolidate the taught concepts some classes will focus the analysis and solution of typical problem cases, where the students will have the opportunity to apply the knowledge acquired. Some of these problems will require the use of symbolic computation applications and software of finite element analysis. The acquired knowledge and skills will be assessed through 1 final exam (E) and 1 pedagogically fundamental computational work (TC). The final classification (NF) in this curricular unit is given by:  $NF = 0.60 NE + 0.40 NTC$ .

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

A metodologia de lecionação adotada permite ao aluno um acompanhamento mais efetivo dos conteúdos programáticos desta unidade curricular, na medida em que após a exposição de cada tópico, e após a ilustração através de exemplos tipo, cada aluno é solicitado no sentido da resolução de alguns casos (problemas). Os alunos são ainda sensibilizados e incentivados a utilizar aplicações informáticas de computação simbólica e de simulação em elementos finitos, no sentido de complementar a sua aprendizagem e de facilitar e agilizar a resolução dos casos propostos. Considera-se em conformidade que a metodologia utilizada facilita não só a apreensão, mas também a capacidade de utilização de conhecimentos conforme são os objetivos da unidade curricular.

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

The adopted teaching methodologies, allows the student to effectively follow the different topics of this syllabus. After each topic exposition and after the illustration of it, each student is asked to solve some cases (typical problems). Students are also asked to use computer-based tools, namely finite element analysis software and symbolic computation applications, to complement its learning process and to ease and speed the solution of some cases. The methodology used not only eases the knowledge acquisition but also, it promotes the use of the knowledge acquired in real cases as stated by the curricular unit objectives.

