

## Estruturas Aeroespaciais II – 10373/15095

2023/2024 - 2º semestre

# Descrição da Unidade Curricular

## 1. OBJETIVOS

Pretende-se que o aluno adquira competências adicionais às obtidas em Estruturas Aeroespaciais I, que permitam analisar com métodos mais avançados esforços e deformações em componentes e estruturas aeroespaciais através da utilização de ferramentas analíticas e computacionais adequadas. Também se pretende que saibam identificar carregamentos críticos de natureza não permanente e desenvolver um componente estrutural aeronáutico.

No final da unidade curricular, o aluno deverá:

- saber analisar e dimensionar estruturas aeroespaciais em compósitos laminados;
- saber aplicar o método dos elementos finitos em diferentes situações para calcular esforços em componentes aeronáuticos sujeitos a diferentes modos de carregamento;
- compreender os mecanismos de fadiga e saber prever o dano em componentes;
- compreender os fenómenos aeroelásticos de superfícies sustentadoras e o seu impacto no projeto da estrutura;
- saber projetar, fabricar e ensaiar uma caixa de torção de asa ou componente estrutural aeroespacial afim em compósitos laminados.

## 2. PROGRAMA

0. Introdução à Unidade Curricular.

1. Estruturas em materiais compósitos: propriedades dos materiais compósitos utilizados em aeronáutica; análise de esforços em compósitos laminados; tipos de falha; análise de componentes aeronáuticos laminados (asas e fuselagens); fabrico e ensaio de componentes em compósito laminados.

2. Métodos computacionais para análise estrutural: métodos matriciais (barras, vigas, treliças 2D e 3D); método dos elementos finitos (elementos viga, triangular e quadrilateral); exemplos de aplicação (análise estática); programas comerciais de MEF.

3. Introdução à Mecânica da Fratura: mecanismos de ruína e sua importância para o projeto de estruturas aeronáuticas; energia associada à fratura; propagação de fendas por fadiga e fluência; fator de intensidade de tensão; fatores ambientais.

---

4. Introdução à aeroelasticidade: interação fluido-estrutura; fenômenos de divergência, flutter e reversão de comandos; estimativa de velocidades críticas; técnicas para controlo destes fenômenos.

### 3. PROGRAMA/OBJETIVOS

Considerando que existe uma unidade curricular anterior dedicada às estruturas de aeronaves (Estruturas Aeroespaciais I), o programa da presente unidade curricular está estruturado para transmitir conhecimentos mais avançados, e com maior grau de especialização, na área das estruturas aeronáuticas. Assim, são introduzidos vários tópicos fundamentais para o projeto de estruturas aeroespaciais: estruturas em materiais compósitos laminados, abrangendo a análise e dimensionamento; método dos elementos finitos para a análise de problemas estruturais, pretendendo-se criar competências mínimas para a utilização de ferramentas computacionais na análise e projeto de estruturas e componentes aeronáuticos; Mecânica da Fratura, dada a sua importância para a compreensão dos fenômenos associados à ruína de componentes e integridade das estruturas aeroespaciais; aeroelasticidade de superfícies sustentadoras, dada a sua extrema importância para o projeto de estruturas aeroespaciais modernas.

### 4. METODOLOGIAS DE ENSINO

Esta unidade curricular está desenvolvida numa estrutura essencialmente teórico-prática. Nela, as matérias são transmitidas oralmente com apoio de projeção de diapositivos multimédia, de informação complementar escrita no quadro e através de resolução de um número elevado de exercícios. Em complemento, existe uma componente prática de projeto utilizando os conhecimentos adquiridos. Existe, também, uma componente de prática de laboratório para fabricar e ensaiar o componente estrutural desenvolvido no projeto.

### 5. METODOLOGIAS/OBJETIVOS

As metodologias de ensino adotadas para esta unidade curricular seguem as tendências de unidades curriculares semelhantes em outras universidades, aliando a exposição oral e multimédia com a discussão dos temas e o trabalho de projeto. A estratégia pedagógica adotada assenta, também, no desenvolvimento de uma capacidade de análise crítica através da transmissão de conhecimentos teóricos fundamentais, da resolução de problemas práticos correspondentes a situações reais e à elaboração de um trabalho de projeto.

Esta unidade curricular tem componente de prática laboratorial. Para complementar a aprendizagem, são estudados casos de estudo recorrendo às aeronaves existentes nos laboratórios do Departamento de Ciências Aeroespaciais. No âmbito do trabalho de projeto a desenvolver pelos estudantes, são realizadas aulas práticas de demonstração e aplicação de técnicas de fabrico de uma caixa de torção ou componente afim em compósito laminado e do seu ensaio estrutural.

Apesar de haver um acompanhamento dos alunos por parte do docente da unidade curricular durante as horas de contacto, tanto nas matérias teóricas como nas práticas, é necessário um trabalho individual superior fora da aula por parte do estudante, ao nível do

estudo dos conteúdos da unidade curricular, ao nível do estudo de outras matérias relacionadas contidas nas referências bibliográficas e ao nível da realização do trabalho de projeto. Este trabalho individual fomenta a autonomia e a capacidade crítica do estudante.

Para apoio à lecionação desta unidade curricular são utilizados recursos de ensino/aprendizagem diferenciados, mas essenciais, nomeadamente:

- Projetor de vídeo
- Livros, artigos e outra bibliografia
- Apontamentos
- Computador
- Folhas de Cálculo
- Software de FEM/FEA
- Laboratório de fabricação assistida por computador
- Laboratório de estruturas e vibrações
- Modelos de aeronaves desenvolvidas anteriormente na UBI e outros

## 6. CALENDÁRIO

Cada aula de quatro horas tem uma tipologia teórico-prática para discutir assuntos relacionados com a matéria teórica, resolver problemas e desenvolver o projeto proposto. Na tabela abaixo é apresentado o calendário da matéria que deverá ser estudada em cada semana letiva.

Semana	Data	Capítulo	Páginas
1	20/02/2024	0 / 1	1-28
1	21/02/2024	1	29-54
2	27/02/2024	1	55-78
2	28/02/2024	1	79-114
3	05/03/2024	1	115-132
3	06/03/2024	1	133-137
4	12/03/2024	1	138-149
4	13/03/2024	1	150-160
5	19/03/2024	Projeto (apresentação)	-
5	20/03/2024	Teste 1	-
6	26/03/2024	Interrupção Páscoa	-
6	27/03/2024	Interrupção Páscoa	-
7	02/04/2024	Projeto (Ansys ACP)	-
7	03/04/2024	2	1-36
8	09/04/2024	2	37-60
8	10/04/2024	2	61-86
9	16/04/2024	2	87-105
9	17/04/2024	2	106-112
10	23/04/2024	Projeto (Ansys Static Structural)	-
10	24/04/2024	Teste 2	-
11	30/04/2024	Projeto (fabrico)	-
11	01/05/2024	Feriado: 1 Maio	-
12	07/05/2024	3	1-44
12	08/05/2024	3	45-73

13	14/05/2024	Projeto (fabrico)	-
13	15/05/2024	3	74-83
14	21/05/2024	Projeto (fabrico)	-
14	22/05/2024	4	1-34
15	28/05/2024	Teste 3 / Projeto (ensaio)	-
15	29/05/2024	Projeto (ensaio)	-
16	04/06/2024	Projeto (ensaio)	-
16	05/06/2024	4	35-50

A hora de atendimento é quartas às 16h00-17h30.

## 7. AVALIAÇÃO

A avaliação é feita em diferentes momentos que avaliam aspetos diferentes das competências adquiridas pelos estudantes: três testes escritos (T1, T2 e T3); e um relatório de projeto (T4). A classificação do processo ensino-aprendizagem é  $T = 0,2T1 + 0,2T2 + 0,2T3 + 0,4T4$ . Só os alunos que tenham realizado o trabalho de projeto (T4) são admitidos a exame. A avaliação de exame é baseada num teste escrito (E1) e no trabalho de projeto realizado durante o semestre (o trabalho só é feito uma vez). A classificação do exame é  $E = 0,6E1 + 0,4T4$ . A nota final é  $F = \text{maior}(T,E)$ . A aprovação acontece quando  $F \geq 10$ .

Cada momento de avaliação é resumido abaixo.

1.	Frequência ( $T = 0,2T1 + 0,2T2 + 0,2T3 + 0,4T4$ )			100
	T1	Teste escrito	20-03-2024 (11h00)	20
	T2	Teste escrito	24-04-2024 (11h00)	20
	T3	Teste escrito	28-05-2024 (11h00)	20
	T4	Trabalho	07-06-2024 (24h00)	40
2.	Exame ( $E = 0,6E1 + 0,4T4$ )			100
	E1	Exame escrito Normal	??-06-2024 (??h30)	60
	E1	Exame escrito Recurso	??-07-2024 (??h30)	60
3.	Exame de Época Especial ( $E = 0,6E1 + 0,4T4$ )			100
	E1	Exame escrito	??-07-2024 (??h30)	60

## 8. BIBLIOGRAFIA

01. Gamboa. P.V., Apontamentos da unidade curricular - Estruturas Aeroespaciais II, ~390 acetatos, UBI, 2022.
02. T. Megson; “Aircraft Structures for Engineering Students”; 6<sup>th</sup> Edition; Butterworth-Heinemann; 2017.
03. Bruce K. Donaldson; “Analysis of Aircraft Structures: An Introduction”; McGraw-Hill; 1993.
04. David Peery; “Aircraft Structures, (2nd ed.)”; McGraw-Hill; 1982.
05. Sun, C.T.; “Mechanics of Aircraft Structures”; Wiley-Interscience; 1998.

06. Dowling, N.E.; “Mechanical Behavior of Materials: Engineering Methods for Deformation, Fracture and Fatigue – 2nd Edition”; Prentice Hall; New Jersey, USA; 1999.
07. Suresh, S.; “Fatigue of Materials – 2nd Edition”; Cambridge University Press; Cambridge, U.K.; 1998.
08. Baker, A., Stuart, D., Kelly, D. (Editors); “Composite Materials for Aircraft Structures – 2nd Edition”; AIAA Education Series; 2004.
09. Carlos A. G. Moura Branco; Mecânica dos Materiais (3ª ed.); Fund. Calouste Gulbenkian; 1998.