

---

**Ano Letivo** 2020-21

---

**Unidade Curricular** MECÂNICA ESTRUTURAL

---

**Cursos** ENGENHARIA CIVIL (2.º Ciclo)  
ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS  
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO

---

**Unidade Orgânica** Instituto Superior de Engenharia

---

**Código da Unidade Curricular** 17231002

---

**Área Científica** ESTRUTURAS

---

**Sigla**

---

**Línguas de Aprendizagem** Português

---

**Modalidade de ensino** Presencial

---

**Docente Responsável** Rui Carlos Gonçalves Graça e Costa

DOCENTE	TIPO DE AULA	TURMAS	TOTAL HORAS DE CONTACTO (*)
Rui Carlos Gonçalves Graça e Costa	OT; T; TP	T1; TP1; OT1	6T; 12TP; 3OT
Vítor Manuel Lopes de Brito Saraiva Barreto	OT; T; TP	T1; TP1; OT1	9T; 18TP; 4.5OT

\* Para turmas lecionadas conjuntamente, apenas é contabilizada a carga horária de uma delas.

ANO	PERÍODO DE FUNCIONAMENTO*	HORAS DE CONTACTO	HORAS TOTAIS DE TRABALHO	ECTS
1º	S1	15T; 30TP; 7.5E; 7.5OT	175.5	6.5

\* A-Anual; S-Semestral; Q-Quadrimestral; T-Trimestral

### Precedências

Sem precedências

### Conhecimentos Prévios recomendados

Licenciatura em Engenharia Civil

### Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências)

A disciplina de Mecânica Estrutural é aqui apresentada através de uma abordagem moderna que, dando ao aluno uma visão global e integrada dos aspetos formais e práticos da discretização, tanto direta como indireta, torna-o apto a elaborar modelos discretos para os diversos sistemas físicos, de cuja solução requer a aplicação do método dos elementos finitos. Estes sistemas físicos incidirão fundamentalmente em problemas de elasticidade de comportamento elástico linear. Em termos do comportamento material a análise plástica limite de pórticos e lajes é um bom complemento da formação anterior. Finalmente abordam-se os problemas geometricamente não lineares de estruturas reticuladas. No decurso da formação o aluno irá também ter a capacidade de verificar a ocorrência de erros de modelação e outros tipos de erro comuns no uso de software.

### Conteúdos programáticos

Elasticidade Plana: Introdução à Elasticidade. Estados Planos de Tensão e de Deformação;

Método dos Elementos Finitos: Introdução ao Método. Elementos de barra e bidimensionais. Formulação matricial. Funções de Aproximação. Elasticidade Plana. Apoios elásticos. Assentamentos e Reações de Apoio. Apoios Inclinados. Formulação de elementos de Laje;

Análise Plástica Limite: Conceitos básicos: Secções Críticas. Mecanismos. Condições de cedência, escoamento e paridade. Admissibilidade Estática e Cinemática. Teoremas da análise limite. Soluções estaticamente e cinematicamente admissíveis. Formulação matricial. Mecanismos múltiplos e parciais. Interação de esforços. Aplicação em pórticos planos e lajes;

Análise geometricamente não-linear e Instabilidade bifurcacional: Instabilidade por ponto limite. Análise geometricamente não-linear de estruturas reticuladas planas. Carga crítica. Trajetórias de equilíbrio. Método de Newton-Raphson e da Matriz Secante.

---

### Metodologias de ensino (avaliação incluída)

Apresentação das aulas com recurso a slides PowerPoint, os quais são fornecidos no início da semana em ficheiro tipo pdf aos alunos. A apresentação teórica de cada tema é seguida da exemplificação com exercício já resolvido. Resolução autónoma de outros exercícios com recurso aos programas; Scilab, Q7Q8Q9-Estados planos de tensão e deformação (desenvolvido por um dos docentes) e SAP2000.

A avaliação será contínua constituída por trabalhos práticos com um peso total de 40% e um teste individual com peso de 60% e nota mínima de 7.50 valores. O aluno obtém aprovação perfazendo uma média mínima de 10.00 valores entre os trabalhos e o teste. O teste terá conteúdo teorico-pratico podendo conter problemas questões de resolução simples e imediata.

---

### Bibliografia principal

*Portela, A., Charafi, A., Finite Elements Using Maple ? A Symbolic Programming Approach, Springer, Berlin, 2002;*

*Zienkiewicz, O.C., Morgan, K., Finite Elements and Approximation, John Wiley & Sons, New York, 1983;*

*Brebbia, C.A., Connor, J.J., Finite Elements for Fluid Flow, Butterworths, London 1975;*

*Bath, K.J., Wilson, E.L., Numerical Methods in Finite Element Analysis, Prentice Hall, New Jersey, 1976;*

*Richard L. Burden, J. Douglas Faires, Numerical Analysis, Brooks/Cole, 1997;*

*Heitor Pina, Métodos Numéricos, McGraw-Hill, 1995;*

*Steven C. Chapra; Raymond Canale, Numerical Methods for Engineers, McGraw-Hill, 1990;*

*J.N.Reddy; Finite Element Method, McGraw-Hill, 2nd Ed., 1993;*

*Tirupathi Chandrupatla, Ashok Belengu; An introduction to the Finite Elements in Engineering, Pentice Hall International, 1991;*

*O.C. Zienkiewicz; El Método de los Elementos Finitos, Ed. Reverté, 1982;*

*Robert Cook; Finite Element Modeling for Stress Analysis, Ed. John Wiley & Sons, 1995.*

---

**Academic Year** 2020-21

---

---

**Course unit** STRUCTURAL MECHANICS

---

---

**Courses** CIVIL ENGINEERING

---

---

**Faculty / School** INSTITUTE OF ENGINEERING

---

---

**Main Scientific Area**

---

---

**Acronym**

---

---

**Language of instruction**  
Portuguese

---

---

**Teaching/Learning modality**  
Presential

---

---

**Coordinating teacher** Rui Carlos Gonçalves Graça e Costa

---

Teaching staff	Type	Classes	Hours (*)
Rui Carlos Gonçalves Graça e Costa	OT; T; TP	T1; TP1; OT1	6T; 12TP; 3OT
Vítor Manuel Lopes de Brito Saraiva Barreto	OT; T; TP	T1; TP1; OT1	9T; 18TP; 4.5OT

\* For classes taught jointly, it is only accounted the workload of one.

#### Contact hours

T	TP	PL	TC	S	E	OT	O	Total
15	30	0	0	0	7.5	7.5	0	175.5

T - Theoretical; TP - Theoretical and practical ; PL - Practical and laboratorial; TC - Field Work; S - Seminar; E - Training; OT - Tutorial; O - Other

#### Pre-requisites

no pre-requisites

#### Prior knowledge and skills

Degree in Civil Engineering

#### The students intended learning outcomes (knowledge, skills and competences)

The Structural mechanics discipline is presented here using a modern approach, giving the student a global and integrated vision of formal and practical aspects of structural discretization, both directly and indirectly, allowing the student to develop discrete models for the various physical systems, whose solution requires the application of the finite element method. These physical systems will focus mainly on problems of elasticity of linear elastic behaviour. In terms of the material behaviour the plastic limit analysis of beam-column systems and slabs is a adequate complement for previous training. Finally, it will be focused problems geometrically nonlinear framed structures. During the training the student will also have the ability to verify the occurrence of modelling errors and other common error types in the use of software.

#### Syllabus

Two-dimensional elasticity: introduction to elasticity. Flat States of stress and strain; Finite element method: introduction to the method. Linear and Bi-linear elements. Matrix formulation. Approximation functions. Flat Elasticity. Elastic supports. Settlements and support reactions. Inclined supports. Formulation for slab elements; Plastic Limit analysis: basic concepts: Critical Sections. Mechanisms. Conditions of transfer, disposal and parity. Admissibility statics and kinematics. Theorems of limit analysis. Statically and cinematically admissible solutions. Matrix formulation. Multiple and partial mechanisms. Solicitation interaction. Application in framed structures and slabs; Geometrically nonlinear analysis and bifurcational Instability: Limit point instability. Nonlinear geometrical analysis of planar framed structures. Critical load. Equilibrium trajectories. Newton-Raphson method and the Secant Array Method.

#### Teaching methodologies (including evaluation)

Lessons will be presented using PowerPoint slides, which are provided at the beginning of the week in pdf file type to the students. The theoretical presentation of each theme is followed by exemplification with an exercise already solved. Resolution of other exercises using the programs; Scilab, Q7Q8Q9-stress and strain plain states (developed by one of the teachers) and SAP2000. Attribution of evaluation work at the beginning of the semester to each working group, supported by tutorial lectures. The continuous evaluation will consist of 2 individual tests, with weights of 0.4 and 0.6 respectively and will worth 50% of the final grade, with the remaining 50% attributed to the elaboration of a practical work with oral defence exam, with weights of 0.70 and 0.30 respectively. The tests are fundamentally theoretical and may eventually contain problems solving questions simple and immediate.

---

### Main Bibliography

- Portela, A., Charafi, A., Finite Elements Using Maple ? A Symbolic Programming Approach, Springer, Berlin, 2002;*
- Zienkiewicz, O.C., Morgan, K., Finite Elements and Approximation, John Wiley & Sons, New York, 1983;*
- Brebbia, C.A., Connor, J.J., Finite Elements for Fluid Flow, Butterworths, London 1975;*
- Bath, K.J., Wilson, E.L., Numerical Methods in Finite Element Analysis, Prentice Hall, New Jersey, 1976;*
- Richard L. Burden, J. Douglas Faires, Numerical Analysis, Brooks/Cole, 1997;*
- Heitor Pina, Métodos Numéricos, McGraw-Hill, 1995;*
- Steven C. Chapra; Raymond Canale, Numerical Methods for Engineers, McGraw-Hill, 1990;*
- J.N.Reddy; Finite Element Method, McGraw-Hill , 2nd Ed., 1993;*
- Tirupathi Chandrupatla, Ashok Belengu; An introduction to the Finite Elements in Engineering, Pentice Hall International, 1991;*
- O.C. Zienkiewicz; El Método de los Elementos Finitos, Ed. Reverté, 1982;*
- Robert Cook; Finite Element Modeling for Stress Analysis, Ed. John Wiley & Sons, 1995.*