

## 6.2.1. Ficha das unidades curriculares

### 6.2.1.1. Unidade curricular:

Cálculo Numérico / Numerical Calculus

### 6.2.1.2. Docente responsável e respectivas horas de contacto na unidade curricular:

Sérgio Lopes

#### ***Responsible academic staff member and lecturing load in the curricular unit***

### 6.2.1.3. Outros docentes e respectivas horas de contacto na unidade curricular / *Other academic staff and lecturing load in the curricular unit:*

### 6.2.1.4. Objectivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Após aprovação na unidade curricular, o aluno deverá possuir a capacidade de:

- Observar exemplos de propagação do erro que ocorre na aplicação de técnicas numéricas.
- Entender técnicas de aproximação; explicar como, porquê e quando é esperado que elas funcionem.
- Identificar problemas tipo, que requerem o uso de técnicas numéricas na obtenção da sua solução.
- Implementar computacionalmente os métodos numéricos abordados.
- Desenvolver um raciocínio estruturado e demonstrar capacidade analítica e crítica na resolução de problemas no domínio da engenharia.

#### ***Learning outcomes of the curricular unit:***

After the student receives approval on the curricular unit, he should be able to:

- Look at examples involving propagation of errors that occur in applications of numerical techniques.
- Understand approximation techniques; explain how, why and when it is expected they are accurate.
- Identify typical problems that require the use of numerical techniques in order to obtain its solution.
- Implement computationally the numerical methods that have been studied.
- Develop structural thinking and demonstrate analytical and critical capacity solving

engineering problems.

#### 6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Introdução. Importância do Cálculo Numérico na Engenharia.

Introdução à teoria dos erros. Majorantes de erro. Fórmula fundamental do cálculo dos erros. Referência à análise intervalar.

Método dos mínimos quadrados. Casos discreto e contínuo.

Interpolação polinomial. Polinómio interpolador de Lagrange. Erro na interpolação. Interpolação inversa.

Integração Numérica. Fórmulas de Newton-Cotes fechadas (fórmulas simples e compostas).

Resolução numérica de equações não lineares. Método da bisection and método de Newton-Raphson.

Integração numérica de equações diferenciais ordinárias. Equações diferenciais ordinárias de 1ª ordem (Método de Euler; Método de Heun; Método de Runge-Kutta). Sistemas de equações diferenciais ordinárias de 1ª ordem (Método de Runge-Kutta).

#### **Syllabus:**

Introduction. The importance of Numerical Calculus in Engineering.

Introduction to the theory of errors. Majorants of errors. Fundamental formula of error calculation. Reference to the intervalar analysis.

Least square method. Discret and continuous cases.

Polynomial interpolation. Lagrange interpolating polynomial. Interpolating error. Inverse interpolation.

Numerical integration. Closed Newton-Cotes formulas (simple and composite rules).

Numerical solution of nonlinear equations. Bisection method and Newton-Raphson method.

Numerical integration of ordinary differential equations. First order ordinary differential equations (Euler method; Heun method; Runge-Kutta method). First order systems of ordinary differential equations (Runge-Kutta method).

#### 6.2.1.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos da unidade curricular.

Os objetivos são cumpridos com a apresentação dos conteúdos programáticos dos capítulos da unidade curricular, nos quais são amplamente desenvolvidas as capacidades de análise, cálculo e raciocínio dedutivo.

Para além da teoria estudada em cada capítulo, o recurso sistemático a problemas que ilustram os diferentes conceitos ministrados, traduz-se numa maior motivação, eficácia e espectro da aprendizagem por parte dos alunos. Em particular, as aplicações concretas possibilitam:

transmitir o facto de que os conceitos do cálculo constituem uma ferramenta indispensável no estudo da engenharia;

praticar a formulação matemática de problemas, sua resolução e crítica dos resultados obtidos;

ajudar os alunos a reconhecer os conceitos e técnicas estudados quando estes surgirem em outros cursos da sua trajetória acadêmica.

***Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.***

The goals are met with the presentation of the chapters of the syllabus, in which analysis, algebra and deductive reasoning skills are widely developed.

In addition to the theory studied in each chapter, the systematic use of problems that illustrate the different given concepts, yields increase of motivation, efficiency and spectrum of learning by the students. In particular, the concret applications enable:

to convey the fact that the concepts of calculus constitute an indispensable tool in the study of engineering;

to practice the mathematical formulation of problems, their solution and criticism of the obtained results;

to help students to recognize the concepts and techniques studied when they appear in the study of other courses of their academic trajectory.

### 6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

#### **Metodologias de Ensino:**

Aulas teóricas, onde os conceitos e definições fundamentais são apresentados de uma forma clara com recurso aos materiais de apoio ao ensino disponíveis.

Aulas teórico-práticas, nas quais são resolvidos exercícios que ilustram os conceitos teóricos. São disponibilizadas listas de exercícios para uma eficaz compreensão dos conhecimentos apresentados.

Avaliação de conhecimentos: duas componentes alternativas - avaliação contínua ou avaliação por exame.

#### **Avaliação contínua:**

Um teste global (TG) (80% da classificação final)

Trabalho prático computacional (TP) (20% da classificação final)

$$NF = 0,8 TG + 0,2 TP;$$

$$NF \geq 10$$

#### **Avaliação por exame:**

Exame Final (EF). Aprovação com a classificação mínima de 10 valores.

$$NF = EF \geq 10$$

**Arredondamento às unidades. Por defeito antes das cinco décimas, por excesso a partir de cinco décimas.**

**Teaching methodologies (including evaluation):**

**Teaching methodologies:**

Theoretical lectures, where the fundamental concepts and definitions are presented in a clear way using the teaching supporting materials available.

Theoretical-practical classes, where exercises that illustrate the theoretical concepts are solved. Exercises sheets are available for an effective monitoring and strengthen of the knowledge presented.

Assessment: two alternative components - continuous assessment or exam assessment.

**Continuous evaluation:**

One global test (TG) (80% of the final classification)

Practical computational assignment (TP) (20% of the final classification)

**NF** = 0,8 TG + 0,2 TP;

NF >= 10

**Final exam evaluation:**

One final written examination (EF). The student is approved with a final grade of at least 10 values.

**NF** = EF >= 10

**Rounded to units. By defect, beneath five tenths, per excess, from five tenths.**

**6.2.1.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular.**

As aulas teóricas são essenciais a uma rigorosa e completa cobertura dos tópicos do programa, enquanto que a resolução de exercícios em contexto de aula permite ilustrar a aplicação prática dos conceitos e ferramentas estudados, ao mesmo tempo que se aprofundam os conhecimentos teóricos.

As listas de exercícios disponibilizadas, pela sua organização, conteúdo e diversidade do grau de dificuldade, permitem ao aluno acompanhar minuciosamente todos os tópicos da matéria e são o principal instrumento do estudo individual. Os exercícios que as constituem são os adequados ao desenvolvimento das capacidades de cálculo e raciocínio dedutivo.

Tendo em conta que o sucesso a matemática não é compatível com um estudo pontual exclusivamente pré-avaliação, torna-se recomendável a implementação de processos que contrariem esta tendência.

**Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.**

The theoretical lectures are essential to a correct and comprehensive coverage of all topics of the syllabus, while the in-class solution of exercises allows the illustration of the practical application of the concepts and the tools studied, enhancing the theoretical knowledge.

By their organization, contents and diversity in the degree of difficulty, the exercises sheets allow students to closely monitor all topics of the syllabus and are the main tool

regarding individual study. The exercises that constitute them are suited for the development of calculus skills and deductive reasoning.

Since the success in mathematics is not compatible with pre-assessment study on its own, it is essential to implement processes to avoid this inclination.

#### **6.2.1.9. Bibliografia principal / *Main Bibliography:***

Santos, F. C., "Fundamentos de Análise Numérica", Edições Sílabo, 2002.

Gilat, A., Subramaniam, V., "Métodos Numéricos para Engenheiros e Cientistas", 2008.

Burden, R. L., Faires, J. D., "Numerical Analysis", Books/Cole, 1997.

Chapra, S.C., Canale, R.P. "Numerical Methods for Engineers", McGraw-Hill, 2006.

Kharab, A. Guenther, R. B., "An introduction to numerical methods: A Matlab Approach", Chapman & Hall /CRC, 2002.