

---

## 1. Caracterização da Unidade Curricular

### 1.1 Designação

[3681] Hidráulica II / Hydraulics II

### 1.2 Sigla da área científica em que se insere

EC

### 1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

### 1.4 Horas de trabalho

148h 30m

### 1.5 Horas de contacto

Total: 67h 30m das quais T: 22h 30m | TP: 45h 00m

### 1.6 ECTS

5.5

### 1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

---

## 2. Docente responsável

[1486] João Alfredo Ferreira dos Santos

---

## 3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

Não existem docentes definidos para esta unidade curricular

---

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

- 1 Saber caracterizar os diferentes tipos de escoamento com superfície livre, através de orifícios e de descarregadores e em meios porosos.
- 2 Calcular escoamentos em superfície livre (regime uniforme e permanente) em canais e secções circulares.
  - 2.1 Dimensionar secções ? altura uniforme e crítica de secções simples, compostas e mistas.
  - 2.2 Calcular o regolfo do regime permanente gradualmente variado.
  - 2.3 Calcular o ressalto hidráulico (alturas conjugadas, dissipação de energia e comprimento).
- 3 Calcular orifícios e descarregadores.
- 4 Conhecer os métodos de medição das grandezas hidráulicas.
- 5 Calcular relações caudais-rebaixamentos em aquíferos freáticos e artesianos
- 6 Descrever as turbomáquinas hidráulicas e caracterizar as suas condições de funcionamento.
  - 6.1 Calcular o ponto de funcionamento de bombas (isoladamente, em série ou em paralelo).
  - 6.2 Determinar o NPSH

---

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

- 1 To recognize and characterize a) different types of open channel flow; b) flow through orifices and weirs; c) groundwater flows
- 2 Open-channel hydraulics calculations (steady uniform and non-uniform flows) in open and closed sections
  - 2.1 Designing channel sections ? uniform flow depth and critical depth in geometrically simple sections, geometrically composite sections, and sections with variable roughness
  - 2.2 Hydraulic profile calculations of steady non-uniform flow with constant discharge
  - 2.3 Hydraulic jump calculations (upstream and downstream flow depths, energy loss, and length of the roller)
- 3 Discharge through orifices calculations
- 4 To recognize the various fluid measurement methods
- 5 Calculation of the groundwater flow-level drawdown relations
- 6 Describe the different hydraulic machines (pumps and turbines) and characterize their working conditions
  - 6.1 Determination of the operating point of a) a pump; b) parallel-series pump association
  - 6.2 NPSH determination



---

#### 5. Conteúdos programáticos

- 1 Escoamentos com superfície livre. Escoamentos uniformes - Secções simples, fechadas, mistas e compostas. Regolfo com caudal constante - Teorema de Bernoulli. Energia Específica. Controlo do escoamento. Tipos de curvas de regolfo. Casos e cálculo de regolfo  $c/$  caudal constante.
- 2 Orifícios (em parede delgada, de saída livre e submersos) e descarregadores (de parede delgada - rectangular ( $c/$  e sem contracção), trapezoidal (Cipolletti) e triangular ? e de soleira espessa (desc. normal e horizontal).
- 3 Medições hidráulicas ? caudal, velocidade, pressão e nível.
- 4 Escoamentos em meios porosos - Lei de Darcy. Permeabilidade. Movimentos unidireccionais e radiais.
- 5 Turbomáquinas hidráulicas ? Tipos de turbinas e bombas. Suas condições de instalação. Número específico de rotações. Diagramas de funcionamento. Curvas características de bombas e de instalações. Funcionamento de bombas em paralelo e em série. Altura de aspiração. NPSH.

---

#### 5. Syllabus

1. Open-Channel Hydraulics: Uniform flow (Geometrically simple sections. Geometrically composite sections. Sections with variable roughness. Closed sections.). Critical, supercritical, and subcritical flow. Steady non-uniform flow: (Hydraulic profile - constant discharge.). Hydraulic jump.
2. Discharge Through Orifices (Thin-plate orifices. Broad-plate orifices. Submerged orifices. Large orifices.) and Weirs (Sharp-crested weirs. Broad-crested weirs.). Fluid Measurement: Orifices. Weirs.
3. Fluid measurement (level, pressure, velocity, and discharge measurement.).
4. Ground Water Hydraulics: Darcy's equation. Determination of the permeability. Radial and one-direction flows (Galleries and trenches. Water-table wells. Artesian wells.).
5. Hydraulic Machines. Pumps and turbines. Power curves and characteristic curves. Pump Association. Cavitation and NPSH.



---

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

Relação entre os conteúdos programáticos e os objetivos da unidade curricular:

- Objectivo 1 obtido através do Conteúdo 1;
- Objectivo 2 obtido através do Conteúdo 1;
- Objectivo 2.1 obtido através do Conteúdo 1;
- Objectivo 2.2 obtido através do Conteúdo 1;
- Objectivo 2.3 obtido através do Conteúdo 1;
- Objectivo 3 obtido através do Conteúdo 2;
- Objectivo 4 obtido através do Conteúdo 3;
- Objectivo 5 obtido através do Conteúdo 4;
- Objectivo 6 obtido através do Conteúdo 5;
- Objectivo 6.1 obtido através do Conteúdo 5;
- Objectivo 6.2 obtido através do Conteúdo 5.

---

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

Relation between Syllabus and Learning Objectives:  
Learning Objective #1 attained with Syllabus #1;  
Learning Objective #2 attained with Syllabus #1;  
Learning Objective #2.1 attained with Syllabus #1;  
Learning Objective #2.2 attained with Syllabus #1;  
Learning Objective #2.3 attained with Syllabus #1;  
Learning Objective #3 attained with Syllabus #2;  
Learning Objective #4 attained with Syllabus #3;  
Learning Objective #5 attained with do Syllabus #4;  
Learning Objective #6 attained with do Syllabus #5;  
Learning Objective #6.1 attained with do Syllabus #5;  
Learning Objective #6.2 attained with do Syllabus #5.

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

1 Aulas teóricas/teórico-práticas - exposição dos conteúdos programáticos, com exemplos. Questões/problemas de aplicação a ser respondidas/realizados pelos alunos.

2 Trabalhos Práticos Laboratoriais:

A Escoamentos com superfície livre

- Altura uniforme
- Coef. de rugosidade
- Influência da rugosidade no escoamento
- Fórmula de Chézy - velocidade e caudal (escoamento uniforme)
- Dimensionamento de uma secção
- Curva de capacidade de vazão
- Escoamento em comporta
- Regimes rápido e lento
- Ressalto hidráulico

B Descarregadores

- de lâmina fina, rectangulares e em V
- circular
- de lâmina direita e tipo Bazin
- de soleira espessa

C Medição de caudal - canal Venturi

D Curvas característica e condições de funcionamento de

- uma bomba centrífuga
- duas bombas centrífugas em série e em paralelo

3 Avaliação distribuída com exame final

- Dois testes (nota mínima em cada teste  $\geq 8,00$  valores; nota média testes  $\geq 9,50$  valores) ou Exame final (nota  $\geq 9,50$  valores)
- Não se realizam exames parciais

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

1 Theoretical and practical lessons, with the exposition of the syllabus matters, completed with the presentation of examples, questions and practical cases to be answered and solved by the students

2 Laboratorial assignments:

A Open-channel flow

- Uniform depth
- Manning coefficient
- Flow and channel roughness
- Using the Chézy formula
- Cross section design
- Flow rate ? uniform depth relation
- Flow through a sluice gate
- Supercritical and subcritical flow
- Hydraulic jump

B Weirs

- Sharp-crested weirs, rectangular and V-shaped
- Circular
- Bazin weir
- Broad-crested weirs

C Flow rate measurement- Venturi flume

D Characteristic curves and work conditions of

- a centrifugal pump
- parallel-series pump association

3 Distributed assessment with final exam

- Two mid-term tests (minimum mark each test  $\geq 8,00$ ; ; average mark in tests  $\geq 9.50$ ) or final exam (minimum mark  $\geq 9,50$ )
- No partial exams



---

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

A exposição nas aulas teóricas, apoiada na projeção de slides (posteriormente disponibilizadas aos alunos através da internet) permite transmitir aos alunos a informação teórica dos conteúdos programáticos. Os pontos 1, 4 e 6 dos objetivos de aprendizagem são assim atingidos desta forma e objeto de avaliação nos testes ou no exame final.

Para além disso, a análise de casos concretos e a resolução de problemas colocados nas aulas teórico-práticas permitem concretizar, reforçando e aplicando, as informações teóricas transmitidas. Assim sendo, os restantes pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3, 3, 6.1 e 6.2 dos objetivos de aprendizagem serão desta forma atingidos e objeto de avaliação nos testes ou no exame final.

Todo o processo de aprendizagem do conteúdo programático é objeto de aferição qualitativa permanente no decurso do período letivo, através de perguntas e problemas colocados aos alunos, e de uma aferição quantitativa nos dois testes e no exame escrito.

Os trabalhos práticos laboratoriais a realizar pelos alunos cobrem grande parte do conteúdo programático, permitindo assim que os alunos consolidem a sua aprendizagem visualizando os fenómenos hidráulicos e, de forma maioritariamente independente do docente, ganhem competências na área da experimentação. Os respetivos relatórios finais são classificados e constituem uma percentagem (10%) da nota final.

---

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

The theoretical lessons, supported by the presentation of slides (later made available to students via the Internet), allow the transmission to the students of the theoretical information of the syllabus. Points 1, 4, and 6 of the learning objectives are attained this way and evaluated in the mid-term tests or final examinations. In addition, case studies and problem resolution in theoretical and TP lessons reinforce the theoretical information transmitted. Thus, the remaining points 2, 2.1, 2.2, 2.3, 3, 6.1, and 6.2 of the learning objectives will be attained this way and evaluated in the mid-term tests or at the final examination. The whole learning process is subject to ongoing qualitative assessment throughout the semester using questions and problems posed to students, and a quantitative assessment in the two mid-term tests and at the written examination. The practical laboratory work to be undertaken by students covers a large part of the syllabus, allowing students to consolidate their learning process, observe the hydraulic phenomena and, without the teacher's presence, gain experimentation skills. Their final reports are graded and constitute a percentage (10%) of the final grade.



**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE  
ENGENHARIA DE LISBOA

**Ficha de Unidade Curricular A3ES**  
**Hidráulica II**  
**Licenciatura em Engenharia Civil**  
**2024-25**

---

**9. Bibliografia de**

**consulta/existência obrigatória**

CHANSON, Hubert - The Hydraulics of Open Channel Flow: An Introduction. Oxford: Elsevier, 2004. ISBN 0-7506-5978-5

CHOW, Ven-Te - Open-Channel Hydraulics. Columbus: McGraw-Hill, 1959. ISBN 0-070-10776-9

FRENCH, Richard H. - Open-Channel Hydraulics. Columbus: McGraw-Hill, 1986. ISBN 0-070-66342-4

ISI IMPIANTI - Manual de Trabalhos Práticos Laboratoriais. Génova: Isi Impianti, 1980.

LENCASTRE, Armando - Hidráulica Geral. Lisboa: ed. do autor, 1996. ISBN 972-95-8590-3

NELIK, Lev - Centrifugal and Rotary Pumps: Fundamentals with Applications. Boca Raton : CRC Press, 1999. ISBN 0-849-30701-5

QUINTELA, António de Carvalho ? Hidráulica. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000. ISBN 972-31-0775-9

---

**10. Data de aprovação em CTC** 2024-07-17

---

**11. Data de aprovação em CP** 2024-06-26