

---

## 1. Caracterização da Unidade Curricular

### 1.1 Designação

[3891] Máquinas Elétricas I / Electric Machinery I

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

EE

### 1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

### 1.4 Horas de trabalho

189h 00m

### 1.5 Horas de contacto

Total: 90h 00m das quais T: 45h 00m | TP: 22h 30m | P: 22h 30m

### 1.6 ECTS

7

### 1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

---

## 2. Docente responsável

[1328] Pedro Miguel Neves da Fonte

---

## 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)

Esta unidade curricular pretende dotar os alunos de conhecimentos e competências na área das máquinas elétricas. Para tal, o aluno deverá:

- Compreender a natureza do funcionamento de circuitos magnéticos na perspetiva da engenharia eletrotécnica, com ênfase na área disciplinar das máquinas elétricas;
- Compreender o princípio de funcionamento do transformador de potência enquanto elemento da rede elétrica;
- Obter competências a nível dos ensaios e exploração do transformador;
- Compreender e aplicar os princípios de conversão eletromecânica de energia;
- Compreender o princípio de funcionamento da máquina de indução rotativa (máquina assíncrona) como acionamento eletromecânico e gerador de energia;
- Obter competências a nível das manobras, ensaios e exploração das máquinas de indução rotativas em regime motor, gerador e freio;
  
- Compreender o princípio de funcionamento da máquina de indução monofásica enquanto máquina especial.



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

This course intends to endow the students with knowledge and skills in the electrical machines area. To achieve this, the students must:

- Understand the operation nature of the magnetic circuits in the electrical engineering perspective, with emphasis in the electrical machine's knowledge area;
  - Understand the operation principle of power transformer as element of energy grid;
  - Obtain skills on transformer tests and exploration level;
  - Understand and apply the electromechanical energy conversion principles;
  - Understand operation principle of the rotating induction machine (asynchronous machine) as electromechanical drive and power generator;
  - Obtain skills on manoeuvres level, tests and exploration of rotating induction machines as motor, generator and brake;
- Understand the principle of operation of single-phase induction machine as special machine.

---

## 5. Conteúdos programáticos

- CIRCUITOS MAGNÉTICOS
  - Circuitos Magnéticos em Corrente Contínua
  - Circuitos Magnéticos em Corrente Alternada. Fluxo de Ligação, Indutância e Energia
  - Propriedades dos Materiais Magnéticos. Fenómeno da Excitação
  - Magnetos Permanentes
  - Aplicações dos Materiais Magnéticos Permanentes
  
- TRANSFORMADORES
  - Teoria Elementar dos Transformadores
  - Transformador Real em Carga
  - Transformadores em Redes Trifásicas
  - Paralelo de Transformadores
  - Autotransformadores
  - Transformadores Especiais
  
- SISTEMAS ELECTROMECHANICOS
  - Princípios da Conversão Eletromecânica da Energia
  - Força e Binário em Circuitos Magnéticos
  - Balanço de Energia
  - Energia em Circuitos Magnéticos a Excitação Única. Co-Energia
  - Forças Magnéticas e Energia
  - Sistemas de Campo Magnético de Excitação Múltipla
  
- MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS
  - Máquina Assíncrona trifásica
  - Máquina Assíncrona monofásica



---

## 5. Syllabus

- MAGNETIC CIRCUITS
  - Magnetic circuits in direct current
  - Magnetic circuits in alternate current. Linkage fluxes. Inductance and energy
  - Magnetic materials properties. Excitation phenomena.
  - Permanent magnets
  - Applications of permanent magnets materials
- POWER TRANSFORMERS
  - Elementary theory of transformers
  - Loaded real transformer
  - Transformers at three-phase grids
  - Association of transformers
  - Autotransformer
  - Special transformers
- ELECTROMECHANICAL SYSTEMS
  - Electromechanical energy conversion principles
  - Forces and torque in magnetic circuits
  - Power balance
  - Energy in magnetic circuits with single excitation. Co-energy
  - Systems of magnetic fields with multiple excitation
- INTRODUCTION TO ELEMENTAR ROTATIVE ELECTRIC MACHINES
  - Three-phase asynchronous machine
  - Single-phase asynchronous induction



---

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

Os conteúdos programáticos escolhidos visam o cumprimento dos objetivos da unidade curricular.

É dado ênfase ao estudo dos circuitos magnéticos na perspetiva da engenharia eletrotécnica, progredindo naturalmente para as máquinas de indução estáticas (transformadores) terminando nas máquinas de indução rotativa (máquina assíncrona). Com isto obtém-se um todo coerente onde os novos conceitos estão ligados com os anteriores fluindo naturalmente.

Todo o conteúdo programático tem um suporte laboratorial, onde os alunos adquirem competências, validando os conceitos teóricos num ambiente o mais próximo possível da realidade.

---

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

The chosen syllabus intends to fulfil the contents of the course.

In this sense is done emphasis to the magnetic circuits concerning the electrical engineering perspective, progressing naturally, to the static induction machines (transformers) ending in the rotating induction machines (asynchronous machines). With this is obtained a coherent whole where the new concepts are linked with the previous ones flowing naturally.

It is done a succinct approach about the operating principle of synchronous and direct current machines as preparation to a deeper study of their applications during the electrical machines II course.

All the programmatic contents have a laboratorial support, where the students acquire skills, validating the theoretical concepts on an environment as close the reality possible.

---

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

As aulas dividem-se em ensino teórico (discussão e análise de ME), teórico-prático (resolução de exercícios) e prático (ensaios laboratoriais de presença obrigatória). Pretende-se aulas pedagogicamente atrativas, encorajando os alunos a discutir os temas abordados, de modo a ir ao encontro das suas dúvidas e da maneira mais natural de interpretar os conhecimentos transmitidos, sempre suportado na resolução de problemas

A aprovação de Máquinas Elétricas I obtém-se por avaliação distribuída com exame final, com os elementos e pesos na nota final:

- Média de 2 testes escritos de avaliação distribuída ou exame final, com um peso 50%;
- Relatórios sobre as 4 atividades desenvolvidas em ambiente laboratorial e a sua discussão, com um peso de 50%;

As componentes laboratorial e escrita da avaliação são pedagogicamente fundamentais e com classificação mínima de 9,50 valores. A classificação mínima de cada teste/relatório é de 8,00 valores.

---

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

The lectures are divided in theoretic (discussion and analysis of electric machines), theoretic-practical (solving exercises) and laboratorial (laboratorial tests with mandatory presence). It is intended to implement attractive lectures, encouraging the students to promote discussions about themes of the course aim, driving students to the knowledge achievement, always supported by problem solving. The final grade of Electrical Machines 1 course is achieved by distributed written assessments and final exam, with the following elements and weights:

- Average grade of 2 written assessment or final exam, with a weight of 50%;
- Report concerning the 4 activities developed in laboratorial environment and its discussion, with a weight of 50%;

The laboratorial and written components are pedagogically fundamentals with minimum grade of 9.50 values. The minimum grade for written each assessment/report is 8.00 values.

---

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

As metodologias de ensino utilizadas são também coerentes com os objetivos. É dado especial ênfase à ponte entre o conhecimento teórico e a sua aplicação em ambiente próximo do industrial.

Dá-se especial enfoque, nas aulas teóricas, à utilização de catálogos, gráficos, esquemas, material audiovisual e resolução de problemas. Nas aulas práticas/laboratoriais o aluno deve projetar *à priori* os procedimentos a executar e quando for possível projetar os resultados e o comportamento dos equipamentos quando em funcionamento.

---

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

The course goals are in line with lecture methodologies. Emphasis is given into the interconnection promotion between theory and practice developed in almost industrial environment.

In theory lectures, highlights are given about skills development in technical documentation interpretation, graphics and electric schemes understanding and in problems solving. In laboratory lectures, students are called to design the necessary laboratory procedures, to anticipate results and to previously predict the system behaviour.



---

**9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória** Bibliografia base:

Fonte, P.M.;? Máquinas Elétricas 1 ? Circuitos magnéticos, transformadores e máquinas assíncronas?; ISEL, ADEEEA, 2022

Livro base:

B. S. Guru, H. R. Hiziroglu, *Electric Machinery and Transformers*, Oxford University Press, 2001.

Outros autores recomendados (não existentes na biblioteca):

S. K. Sahdev, *Electrical Machines*, Cambridge University Press, 2018.

D. P. Kothari, I. J. Nagrath, *Electric Machines*, McGraw Hill, 2017.

Outros autores recomendados (existentes na biblioteca):

Chapman S. J.; ?Electric Machinery Fundamentals?; Mc Graw Hill, USA, 2005

Fitzgerald A.E.; Kingsley, J.C., Umans, S.D. ?Electric Machinery?; 6ª Ed. Mc Graw Hill, USA, 2007

Kostenko M.P., Piotrovski L.; ?Máquinas Eléctricas - Volume II?; Edições Lopes da Silva, Porto, 1979

---

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

---

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