



## PLANO DE ENSINO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

|                        |   |                |               |        |           |               |                              |           |     |
|------------------------|---|----------------|---------------|--------|-----------|---------------|------------------------------|-----------|-----|
| Componente Curricular: | Estudo Orientado em Sistemas Elétricos de Potência II: Inteligência Artificial para Sistemas de Energia Inteligentes<br><a href="#">Guided Study in Electrical Power Systems II: Artificial Intelligence for Smart Energy Systems</a>   |                |               |        |           |               |                              |           |     |
| Unidade Ofertante:     | FEELT   |                |               |        |           |               |                              |           |     |
| Código:                | ELXXX   | Período/Série: | Não se aplica |        |           | Turma:        | Luiz Carlos Gomes de Freitas |           |     |
| Carga Horária:         |   |                |               |        | Natureza: |               |                              |           |     |
| Teórica:               | 45 horas  | Prática:       | 0             | Total: | 45 horas  | Obrigatória:  | ( )                          | Optativa: | (X) |
| Professor(A):          | Luiz Carlos Gomes de Freitas  |                |               |        |           | Ano/Semestre: | 2025/1                       |           |     |
| Observações:           | 1- Cursos: Mestrado / Doutorado<br>2- Área de concentração: Sistemas de Energia Elétrica<br>3- Linha de Pesquisa: Sistemas Elétricos de Potência<br>4- Pré-requisitos: Disciplinas sobre Linguagens de Programação, Eletrônica de Potência e Controle em nível de graduação ou pós-graduação.<br>5- Carga horária: 45h/a.<br>6- Terças-feiras, das 12h00 às 13h15 e Quintas-feiras, das 12h00 às 13h15<br>7- A disciplina será ministrada em parceria com o Professor Marcelo Godoy Simões, da Universidade de Vaasa (Finlândia), como parte das atividades de colaboração internacional previstas nos projetos de pesquisa "Desenvolvimento de Conversores Estáticos Inteligentes para Conexão de Microrredes e Recursos Energéticos Distribuídos (REDs) ao Sistema Elétrico de Potência" (Processo CNPq 406881/2022-7), e "Modelagem de Sistemas Elétricos de Potência Embarcados em More Electric Aircrafts Utilizando a tecnologia Hardware-in-the-Loop" (407403/2022-1). |                |               |        |           |               |                              |           |     |

### 2. EMENTA

Este curso abordará inicialmente o estado da arte em sistemas de rede inteligente aprimorados, abordando uma metodologia unificada para análise e projeto de eletrônica de potência com base no projeto de sistemas de energia com controle em tempo real e análise de ciência de dados.

[This course will cover initially the state-of-the-art in enhanced smart-grid systems, approaching a unified methodology for analysis and design of power electronics-based design of power systems with real-time control and data science analysis. At the end of the course, the student will become familiarized with AI, fuzzy logic, neural networks, and understanding of what deep learning is.](#)

### 3. JUSTIFICATIVA

Os objetivos deste curso estão alinhados com o projeto moderno exigido em inteligência artificial para tornar sistemas de energia, eletrônica de potência, sistemas de energia renovável e rede inteligente, um legado para as próximas gerações neste século.

[Objectives of this course are aligned with required modern design in artificial intelligence for making power systems, power electronics, renewable energy systems, and smart grid, a legacy for generations to come in this century.](#)

### 4. OBJETIVO

#### Objetivo Geral:

Utilizar Inteligência Artificial em projetos de Sistemas de Energia Inteligentes

#### Objetivos Específicos:

Ao final do curso, o aluno se familiarizará com:

Inteligência Artificial (IA);

Lógica difusa;

Redes neurais; e

Conceitos sobre aprendizado profundo.

#### General Objective:

[Use Artificial Intelligence in the desing of Smart Energy Systems](#)

#### Specific Objectives:

[By the end of the course, the student will become familiar with:](#)

[Artificial Intelligence \(AI\);](#)

[Fuzzy logic;](#)

[Neural networks; and](#)

[Concepts about deep learning.](#)

### 5. PROGRAMA

1. Introdução à IA e aos modernos sistemas de energia inteligentes conjuntos difusos inferência difusa;
2. Sistemas difusos baseados em regras relacionais;
3. Design, modelagem e implementação de controle baseado em fuzzy;
4. Redes neurais feedforward;
5. Redes neurais associativas, competitivas e de feedback;
6. Aplicações de deep learning e big data em sistemas de energia elétrica;
7. Aplicações de lógica difusa e redes neurais em eletrônica de potência e sistemas de potência, em tempo real, hardware in the loop; e
8. Aplicações de lógica difusa e redes neurais em eletrônica de potência e sistemas de potência, em tempo real, hardware in the loop.

[1. Introduction to AI and modern smart power systems fuzzy sets fuzzy inference;](#)

[2. Rule based and relational based fuzzy systems;](#)

3. Fuzzy based control design, modeling, and implementation;
4. Feedforward neural networks;
5. Feedback, competitive, associative neural networks;
6. Deep learning and big data applications in electrical power systems;
7. Applications of fuzzy logic and neural networks in power electronics and power systems, real-time, hardware in the loop; and
8. Applications of fuzzy logic and neural networks in power electronics and power systems, real-time, hardware in the loop

## 6. METODOLOGIA

**O curso será ministrado apenas em inglês.**

Os alunos terão materiais e apostilas do curso, sugestões de trabalhos técnicos para apoiar este curso, e não é necessário comprar o livro.

Todos os Alunos devem acessar à distribuição online (a definir), participar nas aulas do Zoom, assistir às aulas gravadas, trabalhar nos Trabalhos, Projetos e Projetos Finais

De março/18 a abril/24

24 horas de Palestras e Atividades de Aula (no Zoom)

18.03.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
INTRODUÇÃO À IA E AOS SISTEMAS DE ENERGIA INTELIGENTES MODERNOS CONJUNTOS DIFUSOS INFERÊNCIA DIFUSA  
Lição de casa 1 – (conhecem-se)

20.03.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
SISTEMAS DIFUSOS BASEADOS EM REGRAS E RELACIONAIS  
Lição de casa2 – (Perguntas sobre a aplicação de aprendizado de máquina em sistemas de energia)

25.03.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
PROJETO, MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLE BASEADO EM FUZZY  
Lição de casa 3 (Projeto de grupo 1 – Fuzzyfication e Defuzzyfication)

27.03.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
REDES NEURAIIS FEEDFORWARD (Projeto MidTerm)

01.04.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
REDES NEURAIIS ASSOCIATIVAS, COMPETITIVAS E DE FEEDBACK  
(Projeto de grupo 2 – RNA e balística)

03.04.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
APLICAÇÕES DE DEEP LEARNING E BIG DATA EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

08.04.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
APLICAÇÕES DE DEEP LEARNING E BIG DATA EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA  
(Lição de casa 3 – Resumindo as aulas do professor Elmusrati)

10.04.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
APLICAÇÕES DE LÓGICA DIFUSA E REDES NEURAIIS EM ELETRÔNICA DE POTÊNCIA E SISTEMAS DE POTÊNCIA, EM TEMPO REAL, HARDWARE IN THE LOOP

15.04.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
TÓPICOS SELECIONADOS E PROPOSTAS DE PROJETO FINAL (Proposta de projeto final)

17.04.2025 Alunos se unem para preparar a proposta final do projeto (por conta própria)

22.04.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
APLICAÇÕES DE LÓGICA DIFUSA E REDES NEURAIIS EM ELETRÔNICA DE POTÊNCIA E SISTEMAS DE POTÊNCIA, EM TEMPO REAL, HARDWARE IN THE LOOP

24.04.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
APRESENTAÇÕES DE PROPOSTAS DE PROJETOS

De abril/25 a maio/27

21 horas de atividades de aprendizagem baseadas em projetos dos alunos

De 25.04.2025 a 21.05.2025

Os alunos são livres para se reunir conforme a necessidade de seus grupos, para o Trabalho Final do Projeto

22.05.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
APRESENTAÇÕES FINAIS DO PROJETO

27.05.2025 17h00 – 18h15 (hora de Helsínquia); Brasil -5; Michigan -7; Denver -9;  
APRESENTAÇÕES FINAIS DO PROJETO

NOTA: Total de Horas de Contato = 40 horas de aulas equivalentes

The course will be presented only in English.

Students will have course materials and handouts, suggestions for technical papers to support this course, and it is not necessary to purchase the book.

All Students should access the online distribution (to be defined), participate in the Zoom lectures, watch the recorded lectures, work on the Assignments, Projects and Final Projects

From March/18 to April/24

24 hours of Lectures and Class Activities (in Zoom)

18.03.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**INTRODUCTION TO AI AND MODERN SMART POWER SYSTEMS FUZZY SETS FUZZY INFERENCE**

Homework 1 – (know each other)

20.03.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**RULE BASED AND RELATIONAL BASED FUZZY SYSTEMS**

Homework2 – (Questions about the application of machine learning in power systems)

25.03.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**FUZZY BASED CONTROL DESIGN, MODELING, AND IMPLEMENTATION**

Homework 3 (Group project 1 – Fuzzyfication and Defuzzyfication)

27.03.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**FEEDFORWARD NEURAL NETWORKS (MidTerm Project)**

01.04.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**FEEDBACK, COMPETITIVE, ASSOCIATIVE NEURAL NETWORKS**

(Group project2 – ANN and ballistics)

03.04.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**DEEP LEARNING AND BIG DATA APPLICATIONS IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS**

08.04.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**DEEP LEARNING AND BIG DATA APPLICATIONS IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS**

(Homework 3 – Summarizing the classes of professor Elmusrati)

10.04.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**APPLICATIONS OF FUZZY LOGIC AND NEURAL NETWORKS IN POWER ELECTRONICS AND POWER SYSTEMS, REAL-TIME, HARDWARE IN THE LOOP**

15.04.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**SELECTED TOPICS AND FINAL PROJECT PROPOSALS (Final project proposal)**

17.04.2025 Students Team-Up To Prepare Final Project Proposal (on their own)

22.04.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**APPLICATIONS OF FUZZY LOGIC AND NEURAL NETWORKS IN POWER ELECTRONICS AND POWER SYSTEMS, REAL-TIME, HARDWARE IN THE LOOP**

24.04.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**PRESENTATIONS OF PROJECT PROPOSALS**From April/25 to May/27

21 hours of student project-based learning activities

From 25.04.2025 to 21.05.2025

Students are free to meet as their groups need, for their Final Project Work

22.05.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**FINAL PROJECT PRESENTATIONS**

27.05.2025 17h00 – 18h15 (Helsinki time); Brazil -5; Michigan -7; Denver -9;

**FINAL PROJECT PRESENTATIONS**

NOTE: Total Contact-Hours = 40 hours of equivalent lectures

**7. AVALIAÇÃO**

A avaliação será realizada por grupos, da seguinte forma:

1. Apresentações de propostas de projetos: 30 pontos
2. Apresentações finais do projeto: 70 pontos

Classificação Final (para alunos matriculados no PPGEELT): Aprovado/Reprovado

The evaluation will be carried out by groups, as follows:

- 1- Presentations of project proposals: 30 points
- 2- Final project presentations: 70 points

Final Grading (for students registered at the PPGEELT): Pass/Fail

**8. BIBLIOGRAFIA****TEXT BOOK**

1. SIMÕES, M. G., Artificial Intelligence for Smarter Power Systems: Fuzzy Logic and Neural Networks, The Institution of Engineering and Technology, Michael Faraday House, Six Hills Way, Stevenage, Hertfordshire, SG1 2AY, UK.
  2. SIMÕES, M. G.; SHAW, I. S. *Controle e Modelagem Fuzzy*. 2. ed. São Paulo: Blucher: Fapesp, 2007. ISBN 8-52-12024-82.
- SIMÕES, M. G.; BOSE, B. K. Applications of fuzzy logic in the estimation of power electronic waveforms. In: *IEEE Industry Applications Conference - Twenty-Eighth IAS Annual Meeting*, 1993, Toronto, ON, Canadá. *Conference Record of the 1993 IEEE Industry Applications Conference*. Toronto: IEEE, 1993. p. 853-861. DOI: <https://doi.org/10.1109/IAS.1993.298999>.

Basic

1. SIMÕES, M. G., Artificial Intelligence for Smarter Power Systems: Fuzzy Logic and Neural Networks, The Institution of Engineering and Technology, Michael Faraday House, Six Hills Way, Stevenage, Hertfordshire, SG1 2AY, UK.
2. SIMÕES, M. G.; SHAW, I. S. *Controle e Modelagem Fuzzy*. 2. ed. São Paulo: Blucher: Fapesp, 2007. ISBN 8-52-12024-82.

SIMÕES, M. G.; BOSE, B. K. Applications of fuzzy logic in the estimation of power electronic waveforms. In: *IEEE Industry Applications Conference - Twenty-Eighth IAS Annual Meeting*, 1993, Toronto, ON, Canadá. *Conference Record of the 1993 IEEE Industry Applications Conference*. Toronto: IEEE, 1993. p. 853-861. DOI: <https://doi.org/10.1109/IAS.1993.298999>.

#### ADDITIONAL READING

1. TAKAGI, T.; SUGENO, M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, v. 15, p. 116-132, jan./fev. 1985. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSMC.1985.6313399>.
2. BRASPENNING, P. J.; THUIJSMAN, F.; WEIJTERS, A. J. M. M. *Artificial Neural Networks: An Introduction to ANN Theory and Practice*. Dordrecht: Springer, 1995.
3. SIMÕES, M. G.; PAREDES, H. K. M. *Applied Neural Networks and Fuzzy Logic in Power Electronics, Motor Drives, Renewable Energy Systems and Smart Grids*. MDPI, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/books978-3-03943-335-3>.
4. MOHAMMADI, E.; ALIZADEH, M.; ASGARIMOGHADDAM, M.; WANG, X.; SIMÕES, M. G. A review on application of artificial intelligence techniques in microgrids. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Industrial Electronics*, v. 3, n. 4, p. 878-890, out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/JESTIE.2022.3198504>.
5. ALHAMROUNI, I.; ABDUL KAHAR, N. H.; SALEM, M.; SWADI, M.; ZAHROUI, Y.; KADHIM, D. J.; MOHAMED, F. A.; ALHUYI NAZARI, M. A comprehensive review on the role of artificial intelligence in power system stability, control, and protection: insights and future directions. *Applied Sciences*, v. 14, n. 6214, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14146214>.

1. TAKAGI, T.; SUGENO, M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, v. 15, p. 116-132, jan./fev. 1985. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSMC.1985.6313399>.
2. BRASPENNING, P. J.; THUIJSMAN, F.; WEIJTERS, A. J. M. M. *Artificial Neural Networks: An Introduction to ANN Theory and Practice*. Dordrecht: Springer, 1995.
3. SIMÕES, M. G.; PAREDES, H. K. M. *Applied Neural Networks and Fuzzy Logic in Power Electronics, Motor Drives, Renewable Energy Systems and Smart Grids*. MDPI, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/books978-3-03943-335-3>.
4. MOHAMMADI, E.; ALIZADEH, M.; ASGARIMOGHADDAM, M.; WANG, X.; SIMÕES, M. G. A review on application of artificial intelligence techniques in microgrids. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Industrial Electronics*, v. 3, n. 4, p. 878-890, out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/JESTIE.2022.3198504>.
5. ALHAMROUNI, I.; ABDUL KAHAR, N. H.; SALEM, M.; SWADI, M.; ZAHROUI, Y.; KADHIM, D. J.; MOHAMED, F. A.; ALHUYI NAZARI, M. A comprehensive review on the role of artificial intelligence in power system stability, control, and protection: insights and future directions. *Applied Sciences*, v. 14, n. 6214, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14146214>.



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Carlos Gomes de Freitas, Coordenador(a)**, em 24/02/2025, às 15:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6125745** e o código CRC **573C60BB**.