

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

DISCIPLINA: Modelagem e Controle de Sistemas Não Lineares	CÓDIGO:
--	----------------

Validade: A partir do 2º semestre de 2020.

Carga Horária: 60 horas-aula

Créditos: 04

Área de Concentração / Módulo: Modelagem e Controle de Sistemas / Formação Específica

Ementa:

Revisão de sistemas lineares. Introdução a sistemas dinâmicos não lineares. Modelagem matemática e não linearidades do tipo saturação, zona morta, histerese. Análise qualitativa do plano de fase: pontos de equilíbrios, ciclos limites e bifurcações em sistemas unidimensionais e de segunda ordem. Modelagem fuzzy Takagi-Sugeno (T-S) de sistemas não lineares. Análise da estabilidade via método de Lyapunov. Método de síntese de controladores fuzzy T-S. Análise de estabilidade e síntese de controladores para sistemas sujeitos à saturação ou zona morta nos atuadores. Análise de estabilidade e síntese de controladores para sistemas não lineares afetados por sinais exógenos de energia limitada ou de amplitude limitada.

INTERDISCIPLINARIDADES

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

Inter-relações desejáveis

É desejável que os conteúdos propostos na disciplina *Análise e Projeto de Sistemas Não Lineares* possam ser integrados e aplicados, principalmente, nas seguintes disciplinas e linhas de pesquisa:

- **Disciplinas:** Controle Adaptativo; Controle Robusto; Modelagem e Controle de Sistemas Complexos; Sistemas Multivariáveis; Tópicos Especiais em Modelagem e Controle de Sistemas; Teoria e Projeto de Sistemas Lineares.
- **Linhas de Pesquisa:** Análise e Modelagem de Sistemas; Sistemas de Controle (área de concentração: Modelagem e Controle de Sistemas).

Objetivos - Possibilitar ao estudante as seguintes habilidades:

- Modelar sistemas não lineares.
- Caracterizar as principais não linearidades de um sistema de controle.
- Analisar qualitativamente o plano de fase de um sistema não linear: pontos de equilíbrio, bifurcações e ciclos limites.
- Obter o modelo fuzzy Takagi-Sugeno (T-S) de um sistema não linear.
- Analisar a estabilidade de um sistema não linear pelo segundo método de Lyapunov a partir do seu modelo fuzzy T-S.
- Sintetizar controladores fuzzy T-S para estabilizar um dado sistema não linear.
- Analisar a estabilidade de um sistema sujeito à saturação de atuadores.
- Sintetizar controladores para estabilizar sistemas sujeitos à saturação ou zona morta de atuadores.
- Analisar a estabilidade de um sistema afetado por sinal exógeno de energia limitada ou amplitude limitada.
- Sintetizar controladores para estabilizar sistemas afetados por sinais exógenos de energia limitada ou amplitude limitada.

Métodos Didáticos Utilizados

Marque com um X no quadro:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Aula expositiva em quadro | <input checked="" type="checkbox"/> Seminário |
| <input type="checkbox"/> Aula com uso de transparência | <input checked="" type="checkbox"/> Pesquisa |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aula com uso de multimídia | <input checked="" type="checkbox"/> Trabalho individual |
| <input type="checkbox"/> Aula prática | <input checked="" type="checkbox"/> Trabalho em grupo |

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

Discussão de texto

Visita técnica

Filme

Outros: _____

Unidades de ensino		Carga-horária Horas-aula
1	Introdução a sistemas dinâmicos não lineares. <ul style="list-style-type: none">• Revisão de sistemas lineares.• Introdução a sistemas não lineares.• Modelagem matemática e principais não linearidades em sistemas de controle.	8
2	Análise de sistemas não lineares de segunda ordem. <ul style="list-style-type: none">• Análise qualitativa do plano de fases: pontos de equilíbrio.• Análise qualitativa do plano de fases: ciclos limites.• Análise qualitativa do plano de fases: bifurcações.	8
3	Propriedades fundamentais de sistemas não lineares e estabilidade de Lyapunov <ul style="list-style-type: none">• Unicidade de respostas para sistemas não lineares• Estabilidade de sistemas não lineares• Região de atração, conjuntos contrativos e conjuntos positivamente invariante	12
4	Técnica de modelagem fuzzy T-S, análise de estabilidade e síntese de controladores <ul style="list-style-type: none">• Modelagem fuzzy T-S de sistemas não lineares.• Análise de estabilidade de sistemas não lineares via método de Lyapunov a partir dos modelos fuzzy T-S.• Síntese de controladores fuzzy T-S.	12

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

5	Análise e projeto de sistemas de controle sujeitos à saturação de atuadores. <ul style="list-style-type: none">Análise de estabilidade de sistemas sujeitos à saturação de atuadores.Síntese de controladores para estabilizar sistemas sujeitos à saturação de atuadores.	8
6	Análise e projeto de sistemas de controle não lineares afetados por sinais exógenos energia limitada ou de amplitude limitada. <ul style="list-style-type: none">Análise de estabilidade de sistemas afetados por sinais exógenos de energia limitada ou amplitude limitada.Síntese de controladores para estabilizar sistemas afetados por sinais exógenos de energia limitada ou amplitude limitada.	6
7	Análise e projeto de sistemas de controle sujeitos à atuadores com zona morta <ul style="list-style-type: none">Análise de estabilidade de sistemas de controle com atuadores afetados por zona morta.Síntese de controladores para estabilizar sistemas com atuadores afetados por zona morta.	6
Total		60

Métodos de Avaliação

Trabalhos computacionais e/ou práticos, avaliações individuais e apresentação de trabalho.

Informações adicionais

A disciplina será realizada de **forma híbrida** com base na Instrução normativa PPGEL 003/2023, DE 28 DE ABRIL DE 2023.

DIVISÃO DE HORAS:

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

- Atividades Presenciais:
 - Total de Horas: 12 horas/aula (três encontros presenciais);
 - Local: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) no Campus Divinópolis;
 - Dedicado às atividades avaliativas (seminário apresentado pelos alunos).
 - O calendário será informado no início do semestre com base no calendário da instituição.
- Atividades Remotas:
 - Total de Horas: 48 horas (12 semanas);
 - Síncronas: 36 horas de encontros síncronos ministrados pelo docente (3 horas/aula nas semanas em que não ocorrer as atividades presenciais);
 - Assíncronas: 12 horas para os alunos se prepararem para os encontros síncronos (1 hora nas semanas em que não ocorrer as atividades presenciais);
 - O professor vai disponibilizar material didático e os alunos deverão se preparar para os encontros síncronos.
 - Endereço: Será disponibilizado antes do início do semestre

PLATAFORMA A SER UTILIZADA: As atividades síncronas na plataforma Microsoft Teams;

PRESENÇA: É obrigatória a presença nos encontros presenciais e síncronos (usados para quantificar a presença nas atividades remotas).

RECURSOS: Nesta disciplina, o uso de áudio (microfone) é obrigatório nos encontros síncronos por parte dos discentes. Por outro lado, o uso de câmera é facultativo (mas recomendado).

CRITÉRIOS DE APROVAÇÃO: O discente será aprovado se simultaneamente obtiver:

- Mínimo de 75% de presença;
- Mínimo de 60% da nota final, obtida por soma simples.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

Bibliografia Básica

1. Khalil, **Nonlinear Systems**. Prentice-Hall, 3a edition, 2002.
2. Tanaka, W. e Wang, H. O., **Fuzzy Control Systems Design and Analysis: A Linear Matrix Inequality Approach**, John Wiley & Sons, 2001.
3. Feng, G. **Analysis and Synthesis of Fuzzy Control Systems: A Model-Based Approach**, CRC Press, 2009

Bibliografia Complementar

1. Monteiro, L. H. A., **Sistemas Dinâmicos Não Lineares**. Ed. Livraria da Física, 3a edição, 2010.
2. Marquez, H. J. **Nonlinear Control Systems Analysis and Design**, John Wiley & Sons, 2003.
3. DORF, R. C. e BISHOP R. H. **Sistemas de Controle Modernos**. 8ª edição ou superior, LTC Editora, Rio de Janeiro, 2001.
4. HESPANHA, J. P. **Linear systems theory**. Princeton University Press, Rio de Janeiro, 2009.
5. Chen, C.-T. **Linear System Theory and Design**. 3ª Edição ou superior, Oxford University Press.

Aprovado na reunião do colegiado em ____/____/____.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica