

# 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

---

<b>DISCIPLINA:</b> Teoria e projeto de sistemas lineares	<b>CÓDIGO:</b>
--	----------------

**Validade:** A partir do 1º semestre de 2019.

**Carga Horária:** 60 horas-aula

**Créditos:** 04

**Área de Concentração / Módulo:** Modelagem e controle de sistemas / Formação Específica

### **Ementa:**

Descrições matemáticas de sistemas. Álgebra Linear. Realizações e soluções no espaço de estado. Estabilidade. Controle e observação.
--

### **INTERDISCIPLINARIDADES**

#### **Inter-relações desejáveis**

É desejável que os conteúdos abordados na disciplina <i>Teoria e projeto de sistemas lineares</i> tenham relações diretas, principalmente, com a disciplina de <i>Sinais e Sistemas</i> . Também é desejável que os alunos utilizem modelos de sistemas que sejam relacionados a seus respectivos projetos de pesquisa no mestrado.
---

# 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

### Objetivos - Possibilitar ao estudante os seguintes conhecimentos:

- Ferramentas da álgebra linear e propriedades de matrizes e suas operações;
- Conceitos de linearidade e causalidade e suas aplicações em sistemas reais;
- Representação de sistemas no espaço de estados e caracterização das soluções associadas;
- Conceitos de estabilidade entrada-saída, estabilidade interna e estabilidade assintótica e suas aplicações em sistemas lineares;
- Conceitos de controlabilidade e observabilidade e suas aplicações em sistemas lineares;
- Projeto de controladores por realimentação de estados;
- Projeto de observadores de estado;
- Projetos de controladores visando a alocação de auto-estrutura e seguimento de modelo.

### Métodos Didáticos Utilizados

Marque com um X no quadro:

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Aula expositiva em quadro     | <input type="checkbox"/> Seminário                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aula com uso de transparência | <input type="checkbox"/> Pesquisa                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aula com uso de multimídia    | <input checked="" type="checkbox"/> Trabalho individual |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aula prática                  | <input checked="" type="checkbox"/> Trabalho em grupo   |
| <input type="checkbox"/> Discussão de texto                       | <input type="checkbox"/> Visita técnica                 |
| <input type="checkbox"/> Filme                                    | <input type="checkbox"/> Outros: _____                  |

# 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

Unidades de ensino		Carga-horária Horas-aula
1	<b>Introdução.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Etapas do estudo analítico de sistemas</li><li>• Revisão de equações diferenciais ordinárias</li></ul>	4
2	<b>Álgebra Linear.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bases, representações e ortonormalização</li><li>• Equações algébricas lineares</li><li>• Transformação de similaridade</li><li>• Forma diagonal e forma de Jordan</li><li>• Funções de matrizes quadradas</li><li>• Equação de Lyapunov</li><li>• Fórmulas usuais</li><li>• Fórmula quadrática e definida positiva</li><li>• Decomposição em valores singulares</li></ul>	8
3	<b>Descrição matemática de sistemas.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Causalidade e</li><li>• Sistemas lineares</li><li>• Sistemas lineares invariantes no tempo</li><li>• Linearização</li><li>• Sistemas de tempo discreto</li></ul>	4
4	<b>Soluções em espaço de estados e realizações.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Soluções de equação de estado lineares invariantes no tempo (LIT)</li><li>• Equações de estado equivalentes</li><li>• Realizações</li><li>• Solução de equações lineares variantes no tempo (LVT)</li><li>• Equações de estado LVT equivalentes</li><li>• Realizações LVT</li></ul>	8
5	<b>Estabilidade.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Estabilidade entrada-saída de sistemas LIT</li><li>• Estabilidade interna</li><li>• Teorema de Lyapunov</li><li>• Estabilidade de sistemas LVT</li></ul>	5
6	<b>Controlabilidade e observabilidade.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Controlabilidade</li><li>• Observabilidade</li><li>• Decomposição canônica</li><li>• Condições em equações na forma de Jordan</li><li>• Equações de estado em tempo discreto</li></ul>	10

# 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

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Controlabilidade depois da amostragem</li><li>• Equações de estado LVT</li></ul>	
7	<b>Realização mínima e fatores co-primos.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introdução</li><li>• Implicação de fatores co-primos</li></ul>	2
8	<b>Realimentação de estados e estimadores de estado.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Realimentação de estados</li><li>• Regulação e rastreamento</li><li>• Estimador de estados</li><li>• Realimentação baseada em estimadores de estados</li></ul>	8
9	<b>Alocação de polos e seguimento de modelos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Equações de compensador – método clássico</li><li>• Configuração de realimentação unitária – alocação de autoestrutura</li><li>• Funções de transferência implementáveis</li></ul>	11
<b>Total</b>		60

### Métodos de Avaliação

Avaliação	Conteúdo	Pontos
Listas de exercícios (L1)	Unidades 1 a 8	50
Trabalho 1 (T1)	Unidades 1 a 8	20
Trabalho 2 (T2)	unidade 8	30

Nota final será dada por:

$N = (5 \cdot L1 + 2 \cdot T1 + 3 \cdot T2) / 10$ , em que as atividades são corrigidas em 100%.

Critério de aprovação:  $N \geq 60$ .

### Bibliografia Básica

1 - Chen, C.-T. (1999). *Linear System Theory and Design*, 3<sup>rd</sup> ed., Oxford University Press.

### Bibliografia Complementar

# 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

---

- 1 – Kailath, T. (1979). *Linear Systems*, Prentice Hall.
- 2 – Zhou, K. & Doyle, J. C. (1997). *Essentials of Robust Control*, Prentice Hall.
- 3 – Dorf, R. C. & Bishop, R. H. (1998). *Sistemas de controle moderno*. 8ª ed., Editora LTC.
- 4 – Phillips, C. L. & Harbor, R. D. (2000). *Feedback Control Systems*. 4<sup>th</sup> ed., Prentice Hall.
- 5 – Ogata, K. (2003). *Engenharia de Controle Moderno*, 4ª ed, Pearson Brasil.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica