



Universidade Federal  
de São João del-Rei

## COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA MECATRÔNICA

### PLANO DE ENSINO

<b>Disciplina:</b> Controle Multivariável			<b>Período:</b> 9º		<b>Currículo:</b> 2010	
<b>Docente Responsável:</b> Guilherme Gomes da Silva			<b>Unidade Acadêmica:</b> DETEM			
<b>Pré-requisito:</b> Controle de Sistemas Dinâmicos			<b>Co-requisito:</b> -----			
<b>C.H. Total:</b> 72h	<b>C.H. Síncrona:</b> 28h	<b>C.H. Assíncrona:</b> 44h	<b>Grau:</b> Bacharelado	<b>Ano:</b> 2021	<b>Semestre:</b> 2º	

#### EMENTA

Classificação dos sistemas de controle. Sistemas de controle multivariável. Formas canônicas. Pólos e zeros multivariáveis. Teorema da separação. Compensação dinâmica. Ferramentas de análise e projeto de sistemas multivariáveis. Análise pelos métodos de valor singular e ganho relativo. Revisão de Espaço de estados, solução das equações de estados. Matriz exponencial. Discretização. Relação entre a representação por variáveis de estado e a Matriz Função de Transferência; Realimentação de estados, controlabilidade, observabilidade, projeto do estimador. Alocação de pólos. Estimadores, estimadores de ordem reduzida, entradas de referência. Controle Integral. Controle baseado no observador. Controle Ótimo. Aplicações a processos físicos multivariáveis.

#### OBJETIVOS

Proporcionar ao aluno conhecimentos básicos nas técnicas de controle para sistemas multivariável, usando abordagens no domínio do tempo e da frequência.

#### CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

##### 1 – Representação de sistemas:

Linearização. Espaços de Estados. Solução das equações de estado. Matriz exponencial. Discretização. Realizações. Equivalência entre Equações de estado. Relação entre variáveis de estado e Função de Transferência;

##### 2 – Sistemas Multivariáveis:

Classificação dos sistemas de controle. Sistemas de controle multivariável. Formas canônicas. Polos e zeros multivariáveis. Controlabilidade e observabilidade;

##### 3 – Estabilidade em sistemas multivariáveis:

Conceito de estabilidade baseado em entrada-saída. Estabilidade por Lyapunov;

##### 4 – Características de sistemas de controle multivariáveis:

Ferramentas de análise e projeto de sistemas multivariáveis. Análise pelos métodos de valor singular e ganho relativo;

##### 5 – Realizações:

Realização mínima e frações coprimas. Realizações balanceadas.

##### 6 – Projeto de estimadores de estado;

##### 7 – Controle baseado em observador;

##### 8 – Teorema da separação;

##### 9 – Introdução ao conceito de separação dinâmica;

##### 10 – Controle ótimo.

#### METODOLOGIA DE ENSINO

O oferecimento da unidade curricular ocorrerá em condições de segurança, sem contato físico entre os envolvidos.

O curso terá como base as plataformas: Gsuite, da empresa Google, e o portal didático (moodle), disponibilizado pela UFSJ, sem ônus para a UFSJ e para o discente. O convite para participar do curso no Google Class Room será publicado no Portal Didático da UFSJ junto com o plano de ensino.

As aulas expositivas serão feitas principalmente com apresentação de slides, vídeos e simulações computacionais.

Foram programadas 24 horas aula de atividades síncronas, com foco no esclarecimento de dúvidas. As atividades síncronas serão gravadas e disponibilizadas aos demais discentes, caso necessário.

Foram previstas 48 horas aula de atividades assíncronas, com foco em estudos dirigidos, leitura orientada, desenvolvimento de projetos, e exercícios individuais.

As provas serão disponibilizadas no portal didático. O aluno terá 24 horas para resolver as questões e enviar ao professor via e-mail [guilhermegomes@ufsj.edu.br](mailto:guilhermegomes@ufsj.edu.br). O aluno será informado previamente, pelo e-mail disponibilizado no portal didático, sobre a data e hora de início e término das provas.

Outras informações: Portal Intranet.

#### CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Os alunos serão avaliados por duas provas teóricas e por trabalhos, como segue:

- Prova P<sub>1</sub>, individual abrangendo os itens de 01 e 05 da ementa, sem consulta. Valor: 30 pontos;
- Prova P<sub>2</sub>, individual abrangendo os itens 06 a 10 da ementa, sem consulta. Valor: 30 pontos;
- Trabalhos T<sub>1</sub>, individual abrangendo os itens 01 a 05 da ementa. Valor: 15 pontos;
- Trabalhos T<sub>2</sub>, individual abrangendo os itens 06 a 10 da ementa. Valor: 15 pontos;
- Trabalhos individuais sobre os itens da ementa. Valor: 10 pontos;
- Prova Substitutiva (itens 01 a 10), individual e sem consulta. Valor: 30 pontos.

#### CONTROLE DE FREQUÊNCIA

Em cada aula será proposto uma atividade a ser desenvolvida pelo discente, que será entregue posteriormente, que será contabilizado como presença.

#### BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. SKOGESTAD, S. e POSTLETHWAITE, I.; *Multivariable Feedback Control: Analysis and Design*. Editora: John Wiley & Sons, 1996;
2. KACZOREK, T.; *Linear Control Systems: Analysis of Multivariable Systems*. Editora: Research Studies Press, 1992;
3. CHEN, C.-T.; *Linear System Theory and Design*. Editora Oxford University Press. 3ª edição, 1999.

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. DOYLE, J. C., FRANCIS, B. A. e TANNEMBAUM, A. R.; *Feedback Control Theory*. Editora: Macmillan Publishing, 1990;
2. ALBERTOS, P. e SALA, A.; *Multivariable Control Systems: An Engineering Approach*. Editora: Springer, 2004;
3. PHILLIPS, C. L.; NAGLE Jr., H. T.; *Digital Control System: Analysis and Design*. 4ª edição. Editora Prentice-Hall, 2007;
4. KUO, B. C.; *Digital Control Systems*. 2ª edição. Editora Oxford University Press, 1997;
5. HEMERLY, E. M.; *Controle por Computador de Sistemas Dinâmicos*, 2ª edição. Editora: Edgard Blucher, 2000.

Aprovado pelo Colegiado em     /     /

Docente Responsável

Prof. Edgar Campos Furtado  
Coordenador do Curso de  
Engenharia Mecatrônica



*Emitido em 23/08/2021*

**PLANO DE ENSINO Nº PE CM 2021/2/2021 - CEMEC (12.56)**

**(Nº do Documento: 1158)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 23/08/2021 16:58 )*

EDGAR CAMPOS FURTADO  
COORDENADOR DE CURSO - TITULAR  
CEMEC (12.56)  
Matrícula: 1742424

*(Assinado digitalmente em 23/08/2021 17:16 )*

GUILHERME GOMES DA SILVA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DETEM (12.17)  
Matrícula: 1966634

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufsj.edu.br/public/documentos/> informando seu número: **1158**, ano: **2021**, tipo: **PLANO DE ENSINO**, data de emissão: **23/08/2021** e o código de verificação: **6ddf94a3e0**