

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: Teoria Eletromagnética.

CÓDIGO:

PPGEL0022

Validade: A partir do 2º semestre de 2019.

Carga Horária: 60 horas-aula

Créditos: 04

Área de Concentração / Módulo: Sistemas Elétricos / Formação Básica

Ementa:

Análise Vetorial. Equações de Maxwell no Domínio do Tempo: Forma Diferencial e Forma Integral. Propriedades Macroscópicas da matéria: parâmetros e relações constitutivas. Condições de fronteira/interface: meio de condutividade finita, meio de condutividade infinita e fontes ao longo da fronteira. Potência e Energia - Teorema de Poynting. Equações de Maxwell no Domínio da Freqüência/Fasorial: Formas Diferenciais e Integrais; Condições de Fronteira; Potência e Energia. Casos Particulares: Eletrostática e Magnetostática; Teoria de Circuitos Elétricos; Propagação de Ondas Eletromagnéticas Guiadas e Irradiadas. Princípios de Irradiação - potenciais eletromagnéticos.

INTERDISCIPLINARIDADES

Inter-relações desejáveis

É desejável que os conteúdos abordados na disciplina *Teoria Eletromagnética* tenham relações diretas, principalmente, com as seguintes disciplinas e linhas de pesquisa:

- **Disciplinas** \Rightarrow Métodos Numéricos, Modelagem de Sistemas Eletromagnéticos, Planejamento de Sistemas de Potência, Sinais e Sistemas, Teoria e Projeto de Sistemas Lineares, Transitórios Eletromagnéticos em Altas Freqüências e Transitórios Eletromagnéticos para Baixas Freqüências;

- **Linhas de Pesquisa** \Rightarrow Eletromagnetismo Aplicado e Planejamento e Operação de Sistemas Elétricos de Potência (área de concentração: Sistemas Elétricos); Análise e Modelagem de Sistemas (área de concentração: Modelagem e Controle de Sistemas).

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:

- Desenvolver e aplicar os conceitos fundamentais do Eletromagnetismo e, desta forma, estabelecer a base necessária para desenvolvimento de projetos e modelagens nas diversas áreas da Engenharia Elétrica, tais como: Materiais, Máquinas e Conversão da Energia, Sistemas Elétricos de Potência, Sistemas Elétricos Industriais e Telecomunicações.

Métodos Didáticos Utilizados

Marque com um X no quadro:

- | | |
|--|---|
| <input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> Aula prática | <input checked="" type="checkbox"/> Trabalho em grupo |
| <input checked="" 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	Análise Vetorial:	4
	✓ Parte I – Álgebra Vetorial <ul style="list-style-type: none">• Grandezas Físicas escalares e vetoriais.• Campos escalares e vetoriais.• Vetor unitário (versor).• Soma e subtração de vetores.• Vetores posição e distância.• Multiplicação vetorial: produtos escalar, vetorial e misto.• Componentes de um vetor.	1
	✓ Parte II – Sistemas e Transformação de Coordenadas <ul style="list-style-type: none">• Coordenadas cartesianas, cilíndricas circulares e esféricas.• Transformação de pontos e vetores.• Superfícies de coordenada constante.	1
	✓ Parte III – Cálculo Vetorial <ul style="list-style-type: none">• Comprimento, área e volume diferenciais.• Integrais de linha, de superfície e de volume.• Gradiente de um campo escalar.• Divergência de um campo vetorial e Teorema de Gauss (da divergência).• Rotacional de um campo vetorial e Teorema de Stokes.• Laplaciano de campos escalar e vetorial.• Classificação de campos vetoriais.	2
2	Campos Eletromagnéticos Estáticos:	16
	✓ Parte I – Eletrostática <ul style="list-style-type: none">• Definição, motivação e aplicações.• Lei de Coulomb e intensidade de campo elétrico.• Campos elétricos de distribuições contínuas de carga.• Densidade de fluxo elétrico, fluxo elétrico e Lei de Gauss.• Potencial elétrico, diferença de potencial e campo elétrico.• Dipolo elétrico e linhas de fluxo elétrico.• Densidade de energia em campos eletrostáticos.	4
	✓ Parte II – Campos Elétricos em Meios Materiais <ul style="list-style-type: none">• Definição, motivação e aplicações.• Propriedades dos materiais elétricos.	4

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"> • Correntes de condução e de convecção. • Condutores e dielétricos. • Constante dielétrica e rigidez dielétrica. • Meios homogêneos, lineares e isotrópicos. • Equação da continuidade e tempo de relaxação. • Condições de fronteira para campos elétricos. 	
✓	<p>Parte III – Problemas de Valor de Fronteira em Eletrostática</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definição, motivação e aplicações. • Equações de Laplace e de Poisson e suas soluções. • Teorema da Reciprocidade • Cálculos de resistência e capacitância. • Método das Imagens. 	4
✓	<p>Parte IV – Magnetostática e Materiais Magnéticos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definição, motivação e aplicações. • Intensidade de campo magnético e Lei de Biot-Savart. • Lei de Ampère. • Densidade de fluxo magnético e fluxo magnético. • Potenciais magnéticos escalar e vetorial. • Forças magnéticas e densidade de fluxo magnético. • Torque, momento e dipolo magnéticos. • Magnetização e classificação de materiais magnéticos. • Condições de fronteira para campos magnéticos. • Indutores, indutância e energia magnética. 	4
3	Campos Eletromagnéticos Variáveis no Tempo:	12
✓	<p>Parte I – Indução Magnética</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definição, motivação e aplicações. • Leis de Lenz e de Faraday. • Forças eletromotrizes induzidas de transformador e de movimento. • Diferença de potencial e tensão induzida. • Princípios de transformadores e máquinas elétricas rotativas. 	4
✓	<p>Parte II – Equações de Maxwell no Domínio do Tempo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definição, motivação e aplicações. • Formas diferencial e integral. • Corrente de deslocamento e densidade de corrente de deslocamento. • Potenciais eletromagnéticos variáveis no tempo. 	4

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">• Potência e Vetor de Poynting – conservação de energia.	
	<p>✓ Parte III – Equações de Maxwell no Domínio da Frequência (Fasorial)</p> <ul style="list-style-type: none">• Definição, motivação e aplicações.• Campos eletromagnéticos harmônicos no tempo.• Formas diferencial e integral.• Tangente de perdas.• Classificação geral de condutores e dielétricos.• Potência e Vetor de Poynting – conservação de energia.	4
4	Ondas Eletromagnéticas Guiadas e Irradiadas:	28
	<p>✓ Parte I – Linhas de Transmissão</p> <ul style="list-style-type: none">• Definição, motivação e aplicações.• Tipos de linhas de transmissão.• Ondas eletromagnéticas Transverso-Eletromagnéticas (TEM) em linhas de transmissão sem perdas.• Análise de linhas de transmissão sem perdas nos domínios do tempo e da frequência.• Linhas de transmissão com perdas.• Parâmetros por unidade de comprimento e efeito pelicular.• Transitórios em linhas de transmissão – reflexão, transmissão, casamento de impedância.	10
	<p>✓ Parte II – Propagação de Ondas Planas</p> <ul style="list-style-type: none">• Definição, motivação e aplicações.• Equação de onda.• Onda plana em meios sem (uniforme) e com perdas (não-uniforme).• Fluxo de potência em ondas planas uniformes.• Efeito pelicular.• Polarização de ondas planas uniformes.• Velocidade de grupo.• Incidências normal e oblíqua de ondas planas uniformes em superfícies planas – meios sem e com perdas, Leis de Snell, coeficientes de reflexão e de refração de Fresnel, ângulos crítico (reflexão total) e de Brewster (transmissão total).	10
	<p>✓ Parte III – Princípios de Radiação</p> <ul style="list-style-type: none">• Definição, motivação e aplicações.• Dipolos de Hertz (elétrico) e magnético (<i>loop</i>).	8

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">• Regiões de campos próximo, intermediário e distante.• Vetores de Poynting nas regiões de campo.• Dipolo de meia onda.• Antena monopolo de um quarto de onda.	TOTAL	60
---	--------------	-----------

Métodos de Avaliação

Listas de exercícios, trabalhos computacionais, estudos dirigidos, provas e projetos com aplicação de normas técnicas e análise crítica.

Bibliografia Básica

- 1 – C. R. Paul, K. W. Whites, S. A. Nasar. **Introduction to Electromagnetic Fields**. 3rd edition, WCB McGraw-Hill, 1998.
- 2 – D. K. Cheng. **Field and Wave Electromagnetics**. 2nd edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.

Bibliografia Complementar

- 1 – M. N. O. Sadiku. **Elementos de Eletromagnetismo**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- 2 – A. C. Balanis. **Advanced Engineering Electromagnetics**. John Wiley & Sons, New York, 1989.
- 3 – E. C. Jordan, K. G. BALMAIN. **Electromagnetic Waves and Radiating Systems**. Prentice-Hall, Inc., 1968.
- 4 – J. D. Kraus, K. R. Carver. **Eletromagnetismo**. Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro, Brasil, 1978.
- 5 – C. R. Paul. **Electromagnetics for Engineers**, EMAG Solutions Companion: With Applications to Digital Systems and Electromagnetic Interference. John Wiley & Sons, Inc., 2004.
6. R. E. Plonsey, R. E. Collin. **Principles and Applications of Electromagnetic Fields**. McGraw-Hill, 1976.
7. Z. D. Popovic, B. D. Popovic. **Introductory Electromagnetics**. Prentice Hall, New Jersey, 1999.
8. J. A. Stratton. **Electromagnetic Theory**. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York and London, 1941.

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

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.