

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: Aterramentos Elétricos.	CÓDIGO:
--	----------------

Validade: A partir do 2º semestre de 2023.

Carga Horária: 60 horas-aula

Créditos: 04

Área de Concentração / Módulo: Sistemas Elétricos / Formação Específica

Ementa:

Introdução: considerações preliminares, conceitos básicos, aplicações típicas, aterramento de sistema e sistema de aterramento, influência do aterramento no desempenho dos sistemas elétricos. Técnicas de medição de resistividade de solo e de resistência de aterramento. Modelagem eletromagnética de aterramentos elétricos para fenômenos de baixa e alta frequências. Conceitos básicos de segurança pessoal. Filosofias de aterramento.

INTERDISCIPLINARIDADES

Inter-relações desejáveis

É desejável que os conteúdos abordados na disciplina *Tópicos Especiais em Sistemas Elétricos: Aterramentos Elétricos* tenham relações diretas, principalmente, com as seguintes disciplinas e linhas de pesquisa:

- **Disciplinas** □ Métodos Numéricos, Modelagem de Sistemas Eletromagnéticos, Planejamento de Sistemas de Potência, Sinais e Sistemas, Teoria e Projeto de Sistemas Lineares, Teoria Eletromagnética, Transitórios Eletromagnéticos em Altas Frequências e Transitórios Eletromagnéticos para Baixas Frequências, Interação entre Descargas Atmosféricas e Sistemas Elétricos;
- **Linhas de Pesquisa** □ 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).

Objetivos - Possibilitar ao estudante:

- Conhecer a importância do aterramento elétrico na segurança pessoal.
- Conhecer a importância do aterramento elétrico no desempenho de sistemas elétricos.
- Conhecer as técnicas de medição de resistividade de solo e de resistência de aterramento.
- Modelar o comportamento de aterramentos elétricos submetidos por fenômenos de baixa frequência.
- Modelar o comportamento de aterramentos elétricos submetidos por fenômenos de alta frequência.
- Verificar a influência da variação dos parâmetros típicos de solos com a frequência no desempenho de sistemas de aterramento.
- Projetar sistemas de aterramento segundo as “filosofias de aterramento”.

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

Métodos Didáticos Utilizados	
Marque com um X no quadro:	
<input checked="" type="checkbox"/> Aula expositiva em quadro	<input checked="" type="checkbox"/> Seminário
<input checked="" 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 type="checkbox"/> Trabalho em grupo
<input type="checkbox"/> Discussão de texto	<input type="checkbox"/> Visita técnica
<input type="checkbox"/> Filme	<input type="checkbox"/> Outros: _____

Unidades de ensino		Carga-horária Horas-aula
1	Parte I – Teoria Básica de Aterramentos Elétricos. <ul style="list-style-type: none">• Considerações preliminares.• Conceitos básicos.• Aplicações típicas associados aos aterramentos elétricos.• Aterramento de sistema e sistema de aterramento.• Considerações sobre a influência do aterramento no desempenho de sistemas elétricos.	4
2	Parte II – Aterramentos Elétricos para Fenômenos de Baixa Frequência. <ul style="list-style-type: none">• Resistividade de solo e resistência de aterramento.• Métodos de medições de resistividade de solo e de resistência de aterramento.• Instrumentação para medição de resistividade de solo e de resistência de aterramento.• Tensões de passo e de toque.	12
3	Parte III – Aspectos de Segurança Pessoal. <ul style="list-style-type: none">• Caracterização das condições de risco.• Efeitos da corrente elétrica no corpo humano e impedância do corpo humano.• Critérios de segurança para aterramentos elétricos.	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

4	Parte IV – Aterramentos Elétricos para Fenômenos de Alta Frequência. <ul style="list-style-type: none">• Equações de Maxwell.• Modelagem física, matemática e computacional.• Acoplamentos eletromagnéticos transversal e longitudinal.• Impedância na frequência e impedância impulsiva.• Comprimento efetivo.• Tensão no domínio do tempo.• Campo elétrico no nível do solo.• Variação da condutividade e permissividade elétricas de solo com a frequência e suas influências no desempenho de aterramentos elétricos.	12
5	Parte V – Filosofias de Aterramento. <ul style="list-style-type: none">• Modelos de aterramento: aspectos gerais e de ordem prática.• Influência do aterramento no sistema elétrico.• Aterramentos isolado, por ponto único e com equipotencialização.	8
6	Parte VI – Aplicações. <ul style="list-style-type: none">• Aterramentos de: subestações, linhas de transmissão e de distribuição, torres de telecomunicação, equipamentos eletrônicos sensíveis.	12
Total		60

Métodos de Avaliação

Listas de exercícios (LEs) e trabalhos práticos computacionais (TPCs). As listas devem ser entregues, sem exceção, em formato PDF (o meio de entrega será definido no início do semestre). Elas devem estar apresentáveis e as equações devem ser digitadas utilizando algum editor próprio para isso (vide *softwares* livres com editores de equações, tais como Open Office, WPS Office, LaTeX, entre outros). Com relação aos trabalhos práticos computacionais, serão quatro no total. Esses trabalhos vão explorar os conceitos do curso aplicados na solução de problemas reais e elaboração de projetos e/ou estudos e que exigem o uso de recursos computacionais para a sua solução. As plataformas utilizadas para esse fim são ambientes de programação como o GNU Octave ou similar. Adicionalmente, um dos TPCs fará uso do Alternative Transients Program (ATP) que é de uso livre. Dada a importância e o maior grau de complexidade desses trabalhos, recomenda-se que o seu desenvolvimento se inicie com antecedência. Os trabalhos devem ser entregues, sem exceção, em formato PDF (o meio de entrega será definido no início do semestre). Com relação à disponibilização de vídeos assíncronos, será feito uso, preferencialmente, da plataforma Youtube.

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

Informações adicionais

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

DIVISÃO DE HORAS:

- Atividades Remotas:
 - Total de Horas: 60 horas.
 - Síncronas: 40 horas de encontros síncronos ministrados pelo docente. As atividades desses encontros consistirão na exposição (de forma síncrona) de conteúdo da disciplina utilizando recursos audiovisuais (apresentações em Power Point e uso de mesa digitalizadora). Nos encontros síncronos, também será disponibilizado tempo para tirar dúvidas com relação ao conteúdo exposto, LEs e TPCs.
 - Assíncronas: 20 horas para os alunos se prepararem para os encontros síncronos. Para essa preparação, o professor vai disponibilizar material didático e sugestões de leitura para os alunos.

PLATAFORMA A SER UTILIZADA: As atividades síncronas serão desenvolvidas na plataforma Microsoft Teams.

PRESENÇA: É obrigatória a presença nos encontros 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 – Silvério Visacro Filho. **Aterramentos Elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação e filosofias de aterramento.** Artliber Editora, São Paulo, 2002.
- 2 – A. P. Sakis Meliopoulos. **Power System Grounding and Transients.** Marcel Dekker Inc. New York, 1988.
- 3 – Erling D. Sunde. **Earth Conduction Effects in Transmission Systems.** Dover Publications Inc., New York, 1968.

Bibliografia Complementar

- 1 – Telló, M., Dias, G. A. D., Raizer, A., Dominguez, A., Ibrahim, M. e Coelho, V. **Aterramento Elétrico Impulsivo, em Baixa e Alta Frequências.** Porto Alegre: Ed. PUCRS, 2007.
- 2 – G. Vijayaraghavan, Mark Brown, Malcolm Barnes. **Practical Grounding, Bonding Shielding and Surge Protection.** Butterworth-Heinemann, 2004.
- 3 – Mattos, M. A. **Técnicas de Aterramento.** Okime, Campinas, 2004.
- 4 – Favio Casas Ospina. **Tierras – Soporte de La Seguridad Electrica.** Seguridad Electrica Ltda., Santa Fé de Bogotá, 1998.
- 5 – Kindermann, G. e Campagnolo, J. M. **Aterramento Elétrico.** 3ª Ed. Porto Alegre: Sagra DC-Luzzatto, 1995.
- 6 – Geraldo Kindermann. **Choque Elétrico.** Porto Alegre: Sagra DC-Luzzatto, 1995.
- 7 – Carlos M.J.C.M. Portela. **Cálculo de Parâmetros e Comportamento de Malhas de Terra.** Relatório Técnico, 1983.
- 8 – Normas Técnicas - ABNT, IEEE e IEC – a serem indicadas durante o curso.
- 9 – Artigos Técnicos na área a serem indicados durante o curso.