

## FICHA2 - PLANO DE ENSINO

CÓDIGO: TE977	DISCIPLINA: SOBRETENSÃO E COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO EM SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA				TURMA: NA	
NATUREZA: Optativa		REGIME: null		MODALIDADE: Presencial		
CH TOTAL: 60h		CH SEMANAL: 0h	CH Prática como Componente Curricular (PCC): 0h		CH Atividade Curricular de Extensão (ACE): 0h	
Padrão (PD): 60h	Laboratório (LB): 0h	Campo (CP): 0h	Orientada (OR): 0h	Estágio (ES): 0h	Prática Específica (PE): 0h	Estágio de Formação Pedagógica (EFP): 0h
FICHA 2 PREENCHIDA PELO DOCENTE: ARMANDO HEILMANN						

### EMENTA

Sobretensões temporárias, de manobras e atmosféricas, Transitórios em sistemas elétricos de potência, Ondas viajantes em sistemas elétricos, Impedâncias de surtos de linhas, torres e equipamentos, Modelagem para surtos, Stress dielétrico, Suportabilidade para surtos temporários, de manobra e atmosféricos, Gradientes de potencial Dispositivos de proteção contra surtos, Para-ráios de potência, centelhadores, cabos para-ráios em linhas de transmissão, Coordenação de isolamento em sistemas elétricos, Proteção de edificações contra descargas atmosféricas, Teoria das descargas em gases

### PROGRAMA

Data de Início: 01/08/2023

Data de Fim: 02/12/2023

Exame final: 28/11/2023

1. Apresentação da disciplina e da ementa (01/08)
2. **Características básicas das descargas atmosféricas (01/08)**
3. Normas técnicas, Estatísticas de descargas atmosféricas, Normatização e necessidade de SPDA
4. **Características básicas das descargas atmosféricas (03/08)**
5. Formação de tempestades, Teoria de carregamento de tempestades, Iniciação das descargas atmosféricas
6. **Características básicas das descargas atmosféricas (08/08)**
7. Circuito elétrico atmosférico global, Física das descargas atmosféricas e Campos elétricos
8. **Características básicas das descargas atmosféricas (10/08)**
9. Física dos raios, Campos elétricos abaixo das tempestades, Tipos de descargas atmosféricas e alertas de raios



- 10. Características básicas das descargas atmosféricas (15/08)**
11. Sistemas de monitoramento de descargas atmosféricas e densidade de raios para o solo, Raios e o setor de energia eólica
- 12. Sobretensões atmosféricas e suportabilidades (17/08)**
13. Tipos de transitórios eletromagnéticos, Determinação do Basic Switching Level – BSL, Determinação do nível básico de isolamento, Determinação do Basic Impulse Lightning – BIL, Determinação do Critical Flashover – CFO
- 14. Sobretensões atmosféricas e suportabilidades (22/08)**
15. Formulação matemática de transitórios. Eq's e solução das Eq's da LT, Ondas viajantes em linhas de transmissão ,
- 16. Incidência direta e indireta de descargas atmosféricas em linhas de transmissão (24/08)**
17. Modelo eletrogeométrico e Falha de blindagem, Backflashover, Modificações do modelo eletrogeométrico
- 18. Incidência direta e indireta de descargas atmosféricas em linhas de transmissão (29/08)**
19. Zona de exposição dos cabos à descarga atmosférica, Cálculo do número de descargas atmosféricas que atingem linhas de transmissão
- 20. Incidência direta e indireta de descargas atmosféricas em linhas de transmissão (31/08)**
21. Cálculo aproximado empregando o conceito de “raio de atração equivalente” das descargas pela linha
- 22. 1ª Avaliação (05/09)**
- 23. Incidência direta e indireta de descargas atmosféricas em linhas de transmissão (12/09)**
24. Cálculo do número de descargas atmosféricas que atingem o solo próximo à linha (descargas indiretas) (com exemplos)
- 25. Métodos de coordenação de isolamento (14/09)**
26. Efeito das descargas nos sistemas de potência
27. Incidência de descargas nas linhas e subestações
- 28. Métodos de coordenação de isolamento (19/09)**
29. Método convencional
30. Método estatístico
31. Método estatístico simplificado
32. Método shot-by-shot
- 33. Métodos de coordenação de isolamento (21/09)**
34. Impedância de surto da torre
35. Resistência de pé de torre
36. Isoladores
- 37. Desempenho elétrico de linhas de transmissão frente a surtos atmosféricos (26/09) ()**



38. Modelo de dupla exponencial
39. Modelo de Heidler
40. **Aprendizado Baseado em Equipe – Modelagem de Coordenação de Isolamento** (28/09), (03/10), (05/10), (10/10), (07/11), (09/11)
41. **2ª. Avaliação** (21/11)
42. **Exame** (28/11)

## OBJETIVO GERAL

A disciplina objetiva proporcionar conhecimento básico sobre como é feito um estudo de coordenação de isolamento, gerando habilidade em reconhecer quais os principais métodos de coordenação de isolamento, quais os parâmetros físicos envolvidos na análise de sobretensões e quais são as etapas iniciais de elaboração de um estudo de coordenação de isolamento.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com a conclusão da disciplina espera-se que o estudante tenha adquirido conhecimentos e competências que o capacite a projetar, realizar e acompanhar estudos de projetos de coordenação de isolamento, desde a etapa de estudo de viabilidade num projeto de sistema elétrico, passando pela competência de aplicar o estudo de coordenação de isolamento no planejamento e projeto conceitual, chegando a habilidade de descrever quais os principais parâmetros utilizados no estudo técnico e detalhada num projeto de linhas de transmissão.

## PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

### a) Sistema de comunicação:

O *Ambiente Virtual de Aprendizagem* (AVA) será a plataforma virtual Google Classroom, disponível gratuitamente, cujo acesso poderá ser realizado através de um endereço de correio eletrônico do GMAIL. Através desta plataforma serão disponibilizadas as aulas gravadas integralmente, textos auxiliares, podcasts e *links* para vídeos de apoio disponíveis na plataforma YouTube.

### b) Requisitos digitais:

Para participar das atividades da disciplina o estudante deverá ter acesso a computador, *notebook* ou *desktop*, ou ainda um *tablete* ou *smartphone*, com acesso à Internet em banda larga. Não é necessária aquisição ou instalação de nenhum *software* em especial. Basta acessar a plataforma do Google Classroom e inserir o Código da turma que será também, previamente disponibilizado na página pessoal do professor responsável pela disciplina TE977.

Para o acesso a plataforma Google Classroom com a “Código da Turma” é indispensável ao aluno ter um endereço de correio eletrônico do **GMAIL**.



### c) Metodologia de ensino-aprendizado:

- A proposta metodológica para esta disciplina baseia-se no conceito de aprendizagem ativa e enfatiza buscar a construção do conhecimento do graduando que deverá aliar a teoria às aplicações práticas voltadas ao contexto da Engenharia Elétrica e suas competências.
- Os principais conceitos teóricos e demonstrações são expostos pelo professor em sala de aula, e também será solicitada a leitura prévia (**Flipped Classroom**) dos assuntos a serem abordados. E os horários das aulas serão acordados com os alunos para trabalhar a metodologia *Blended Learning*.
- O discente recebe tarefas (listas de exercícios, textos, artigos) disponibilizadas na página do professor ([www.elétrica.ufpr.br/~armando](http://www.elétrica.ufpr.br/~armando)) e no *Google Classroom*, revê com o professor as informações e dúvidas em sala de aula, com o objetivo de estimular o aluno a compreender conceitos e interagir com os colegas de forma participativa na solução de problemas.

**Aulas expositivas:** apresentação da teoria, conceitos, propriedades, simulações, exemplos e aplicações.

**Aulas remotas:** Leitura de artigos/resumos (metodologia *Minute Paper*[1]), resolução de exercícios e vídeos para prática da metodologia *Science Process Skills*[2].

[1] É uma informação escrita pelos estudantes de forma individual. Representa a percepção do estudante em relação ao seu aprendizado. Permite a reflexão sobre o processo de aprendizagem dos estudantes.

[2] Metodologia que fomenta entender os conceitos e o uso de habilidades de processo e raciocínio científico envolvendo práticas investigativas, de observação, coleta de dados, comparação e questionamentos.

## FORMAS DE AVALIACAO

- Estão previstas 2 (duas) atividades avaliativas, cada uma delas recebendo uma nota (*ni*) de 0 (zero) a 100 (cem).
- A 1ª avaliação, consiste na resolução de um caso contextualizado de pré-coordenação de isolamento, com respostas numéricas e análise dos resultados
- A 2ª avaliação, consiste na elaboração de um modelo, equacionado, de parâmetros que devem ser sequencialmente organizados - diagrama de blocos, com um caso contextualizado e desenvolvido pelos estudantes, relacionadas à Coordenação de Isolamento, cuja resposta ao problema deve utilizar os modelos vistos em sala de aula.
- Atividades (quando solicitadas) e postadas fora do prazo são penalizadas com a perda de 20% da nota.



- A **Média Parcial** (*mparcial*) será calculada pela média das notas obtidas nas atividades.
- Estará aprovado o participante que atingir  $mParcial \geq 70$ .
- Os participantes cuja **Média Parcial** (*mparcial*) seja inferior a 70 porém igual ou superior a 40 ( $40 \leq mparcial < 70$ ) será dada a oportunidade da entrega de um Trabalho Extra, com tema/atividades a ser definido, ao qual será atribuída uma nota (*textra*) entre zero e 100. Neste caso a **Média Final** (*mfinal*) será obtida através da média simples.
- Participantes cuja **Média Parcial** (*mparcial*) for inferior a 40 serão considerados REPROVADOS, sem direito ao Trabalho Extra.

**A frequência mínima para aprovação deve ser maior ou igual a 75%** - será contabilizada a partir do acesso remoto aos conteúdos no Google Classroom.

### BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- D'Ájuz, Ary. Transitórios e coordenação de isolamento – aplicação em sistemas de potência de alta tensão. Rio de Janeiro. FURNAS, Niterói, Universidade Federal Fluminense/EDUFF, 1987.
- Andrew R. Hileman. Insulation Coordination for Power Systems. Taylor & Francis Group. 1999.
- Guide to Procedures for Estimating the Lightning Performance of Transmission Lines. Working Group 01 (Lightning of Study Committee 33 (Overvoltages and Insulation Coordination)). October, 1991.

### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- Vasconcelos, Fillipe Matos de. Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2017.
- Norma Brasileira ABNT NBR 6939 - -Coordenação de Isolamento – Procedimento 2018.
- Norma Brasileira ABNT NBR 5419-2. Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 2: Gerenciamento de risco. 2015.
- KAGAN, N; DE OLIVEIRA, C. C. B.; ROBBIA, E. J. Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica. São Paulo: Blucher, 2005.
- KERSTING, W. H. N. Distribution System Modeling and Analysis. Boca Raton: CRC Press, 2002.

