

**DIRETORIA DE ENSINO**  
**DEPARTAMENTO DE INDÚSTRIA**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO: 01102 - TÉCNICO INTEGRADO EM ELETROTÉCNICA**

**Programa de Unidade Didática – PUD**

MATRIZ: 16686 (2020/1)

<b>DISCIPLINA: SUBESTAÇÕES INDUSTRIAIS</b>		
<b>Código:</b>	01.102.67	
<b>Carga Horária Total: 80 h</b>	<b>CH Teórica: 60 h</b>	<b>CH Prática: 20 h</b>
<b>CH Prática como Componente Curricular do Ensino:</b>	0	
<b>Número de Créditos:</b>	4	
<b>Pré-requisitos:</b>	01.102.49 + 01.102.58	
<b>Semestre:</b>	S6	
<b>Nível:</b>	TÉCNICO INTEGRADO	
<b>EMENTA</b>		
<p>O Sistema elétrico de potência. Tensões em regime permanente. Fluxo de carga-Perdas de Energia. Subestações. Classificação: Quanto a função, ao nível de tensão, ao tipo de instalação, a forma de operação. Arranjo de barras de subestações. Manobras em subestações. Codificação operacional. Subestação de utilização. Demanda máxima presumível. Metodologia de componentes simétricos para cálculo das correntes de curto-circuito na MT e BT. Dimensionamento dos dispositivos de manobra e proteção. Cálculo dos reativos necessários para correção do fator de potência. Tecnologia dos equipamentos elétricos: Transformador de Força, TC, TP, Arco Elétrico, Disjuntor e Religador, banco de capacitores, pára-raios, chaves seccionadora e fusível. Introdução a Proteção. Noções de sistemas digitais para automação de subestação distribuidora. Sistema de aterramento, malha de terra, tensão de toque, tensão de passo e tensão de transferência. Operação de equipamentos. Projeto de uma subestação distribuidora ou de utilização. Subestações elétricas: Quanto a função: elevadora, abaixadora, distribuidora, seccionadora, conversora, de utilização e móvel. Quanto ao tipo de instalação: Em pátio aberto, Abrigada, Mista e Blindadas a Gás SF6. Quanto ao nível de tensão: Média Tensão, Alta Tensão, Extra Alta Tensão e Ultra Alta Tensão. Quanto a forma de operação: Assistida, tele assistida e automatizada. Objetivo, terminologia, normalização, legislação, consumidor cativo e especial, limites de fornecimento e simbologia; conceituação e classificação; planejamento e qualidades operativas; critérios básicos para escolha do local; esquemas elétricos básicos; interpretação dos diagramas unifilares; diretrizes para elaboração de arranjos físicos; arranjos físicos; malhas de aterramento e SPDA; iluminação; filosofias adotadas para os serviços auxiliares; drenagens superficiais; proteção contra incêndios. Equipamentos elétricos – especificação, dimensionamentos e aplicação em subestações de alta e média tensão. Visitas técnicas as subestações de utilização e distribuidoras.</p>		
<b>OBJETIVOS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrever e classificar um sistema elétrico de potência e o sistema interligado nacional (SIN);</li> <li>• Conhecer e interpretar os transformadores de força e seus acessórios;</li> <li>• Conhecer, interpretar, especificar e dimensionar TCs e TPs;</li> <li>• Conhecer, interpretar, dimensionar e especificar banco de capacitores;</li> <li>• Conhecer, interpretar especificar e descrever o funcionamento dos equipamentos de disjunção;</li> <li>• Conhecer, interpretar e descrever o funcionamento dos equipamentos de regulação de tensão;</li> <li>• Descrever o funcionamento dos instrumentos/equipamentos de medição, proteção e comando de uma SED;</li> <li>• Descrever basicamente um sistema de automação de uma subestação;</li> <li>• Interpretar e elaborar diagramas unifilares de Operação, Medição, Comando e Proteção de uma subestação distribuidora típica de 69/13,8kV;</li> <li>• Conhecer e classificar as subestações elétricas;</li> <li>• Conhecer o procedimento operativo das subestações elétricas;</li> </ul>		

**DIRETORIA DE ENSINO**  
**DEPARTAMENTO DE INDÚSTRIA**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO: 01102 - TÉCNICO INTEGRADO EM ELETROTÉCNICA**

- Analisar e interpretar os esquemas elétricos básicos;
- Conhecer o procedimento de segurança na operação e manutenção das subestações elétricas.
- Conhecer e aplicar a metodologia de componentes simétricos para cálculo das correntes de curto-circuito;
- Conhecer e aplicar a metodologia para cálculo da demanda máxima presumível de uma subestação de utilização
- Conhecer e aplicar as diretrizes e critérios para dimensionamento dos dispositivos de uma subestação;
- Conhecer e aplicar as diretrizes e critérios para escolha do tipo de subestação de utilização e a entrada de serviço;
- Elaborar relação de materiais e equipamentos com as respectivas especificações, quantidades e unidades.

## **PROGRAMA**

### UNIDADE 1: O SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA:

- 1.1. Importância do Sistema Elétrico de Potência;
- 1.2. Compreensão do sistema interligado nacional (SIN);
  - 1.2. Componentes do Sistema Elétrico;
- 1.3. A Geração, Transformação, Transmissão, Distribuição e consumo de energia;
- 1.4. Classificação das Centrais Elétricas;
- 1.5. Sistemas de Distribuição;
- 1.6. Tensões Padronizadas.
- 1.7. Mapas eletrográficos do Brasil, do estado do Ceará e da cidade de Fortaleza;

### UNIDADE 2: TENSÕES EM REGIME PERMANENTE

- 2.1. PRODIST – Módulo 8;
- 2.2. Tensão adequada, precária e crítica;
- 2.3. Soluções para correção dos níveis de tensão;

### UNIDADE 3: FLUXO DE CARGA E PERDAS DE ENERGIA

- 3.1. Definições
- 3.2. Metodologias para o estudo do fluxo de carga;
- 3.3. Produtos do estudo do fluxo de carga;
- 3.4. Perdas de Energia – Perdas Técnicas e perdas comerciais;
- 3.5. Melhoria das perdas e dos níveis de tensão;

### UNIDADE 4: SUBESTAÇÕES

- 4.1. Conceitos de subestação;
- 4.2. Classificação:
  - 4.2.1. Quanto a função: elevadora, abaixadora, distribuidora, seccionadora, conversora, de utilização e móvel;
  - 4.2.2. Quanto ao tipo de instalação: Em pátio aberto, abrigada, mista e blindada;
  - 4.2.3. Quanto ao nível de tensão: de Média Tensão, de Alta Tensão, de Extra Alta Tensão, de Ultra Alta Tensão;
  - 4.2.4. Quanto a forma de operação: Assistida, teleassistida e automatizada;
- 4.3. Arranjo de barras de subestação;
  - 4.3.1. Barra simples
  - 4.3.2. Barra simples com seccionamento;
  - 4.3.3. Barra dupla com by-pass e disjuntor de transferência;
  - 4.3.4. Barra dupla com disjuntor duplo;

4.3.5. Barra dupla com disjuntor e meio;

4.4. Diagrama unifilar de operação e codificação operacional de subestação de potência;

4.4.1. Formação do código: Código alfa numérico para a codificação de linhas de transmissão, alimentadores, barramento, transformador, TC e TP, banco de capacitores, disjuntores, religadores, chaves seccionadoras, chaves fusíveis, chave à óleo;

4.4.2. Comunicação verbal para operação de uma subestação.

## 5. SUBESTAÇÃO DE UTILIZAÇÃO

5.1. Definições;

5.2. Consumidor cativo e especial

5.3. Limites de fornecimento;

5.4. Expressão para cálculo da demanda máxima presumível

- Tabelas de Fator de demanda, fator de utilização e fator de simultaneidade
- Dimensionamento do transformador
- Definição do tipo de subestação
- Definição do tipo de entrada de serviço

5.5. Desenhos de subestações típicas

5.6. Diagrama unifilar das diversas subestações de utilização

- Subestação aérea em poste, subestação abrigada, subestação em cubículos metálicos, subestação Pedestal;

5.7. Simbologia padronizada;

5.8. Metodologia de componentes simétricos para cálculo das correntes de curto-circuito no ponto de entrega e na baixa tensão;

5.9; Desenho do diagrama unifilar correspondente;

5.10 Dimensionamento dos dispositivos empregados na subestação;

5.11. Relação e especificação dos dispositivos empregados numa SE de utilização.

## UNIDADE 6: TECNOLOGIA DOS EQUIPAMENTOS

6.1. Corrente Nominal;

6.2. Corrente de Curto Circuito;

6.3. Sobreensões;

6.4. Características dos isolamentos (NI, NBI);

6.5. Especificações das características elétricas;

6.6. Normas técnicas;

6.7. Classificação dos trafos para Instrumentos (TC, TP);

6.8. Características elétricas dos pára-raios;

6.9. Tipos de Chaves:

6.9.1. Seccionadoras;

6.9.2. Fusível;

6.10. Tecnologias para corte do Arco elétrico

6.10.1. Ruptura brusca, guarda fogo, antenas e chifres;

6.10.2. Sopro magnético, sopro pneumático, óleo, ar comprimido, vácuo e gás SF6;

6.11. Tipos de Disjuntores e Religadores;

**DIRETORIA DE ENSINO**  
**DEPARTAMENTO DE INDÚSTRIA**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO: 01102 - TÉCNICO INTEGRADO EM ELETROTÉCNICA**

- 6.11.1. Características Específicas dos disjuntores;
- 6.11.2. Características Específicas dos Religadores;
- 6.12. Transformador de força
  - 6.12.1. Conceitos e Definições;
  - 6.12.2. Potência ONAN/ONAF/OFAF/ODAF;
  - 6.12.3. Paralelismo entre transformadores e condições;
  - 6.12.4. Acessórios: ITO, ITE, INO, RB, DAP, Conservador, Desumidificador, CDC
- 6.13. Banco de capacitor;
  - 6.13.1. Conceitos, critérios de utilização e Configuração dos bancos;
  - 6.13.2. Banco de capacitores empregada na rede de distribuição;
  - 6.13.3. Banco de capacitores empregado em subestação;
  - 6.13.4. Dimensionamento do elo fusível para cada célula, do TC de desequilíbrio;
- 6.14. Para-raios;
  - 6.14.1. Para-raios Franklin;
  - 6.14.2. Para-raios tipo Distribuição e Estação;

**UNIDADE 7: PROTEÇÃO E MEDIÇÃO**

- 7.1. Conceitos básicos, finalidade, filosofia de proteção e classificação dos relés;
- 7.2. Qualidades requeridas de um relé;
- 7.3. Relé multifunção
- 7.4. Quanto a Natureza do Parâmetro: Tabela dos códigos ANSI dos relés:
  - 7.4.1. Tabela dos códigos dos parâmetros dos relés: Relés de sobrecorrente, direcional, diferencial, distância, desequilíbrio, de bloqueio, rele anunciador, subtensão sobretensão, sobrecorrente neutro sensível, sequência negativa (I2), cabo rompido (I2/I1), religamento, carcaça, proteção intrínseca do transformador: relé de gás, temperatura do óleo, temperatura do enrolamento, nível de óleo, alívio de pressão;
- 7.5. Sistema de proteção por segmento da subestação;
  - 7.6. Diagrama unifilar de proteção;
  - 7.7. Elos fusíveis;
  - 7.8. Sistema de Medição
    - 7.8.1. Medição em AT (72,5KV);
    - 7.8.2. Medição em MT (15KV);
  - 7.9. Sistema de Serviços Auxiliares
    - 7.9.1. O sistema de serviços auxiliares em corrente alternada (CA) é formado por um transformador trifásico de 75kVA, classe 15-1,2 KV, com núcleo imerso em óleo isolante. Quando a subestação é abrigada na parte de MT, utiliza-se um transformador a seco instalado dentro do armário do switchgear.
    - 7.9.2. Serviços auxiliares em Corrente Contínua é atendido por 125 Vcc, sendo composto por um retificador-carregador estático, trifásico 380Vca/125Vcc, e um banco de baterias chumbo-ácidas, 60 elementos, 125Vcc, 100 A/h.
  - 7.10. Proteção Contra Intrusão e Contra Incêndio:

As subestações automatizadas possuem alarme contra intrusão na sala de comando. Caso ocorra a presença de pessoas nessa sala, os sensores captam a presença da pessoa e alarma no Centro de Operação do Sistema a indicação da intrusão. No caso de acesso a pessoas credenciadas um sistema de teclado deve ser utilizado para tão logo o indivíduo adentre a SE ele possa digitar uma senha para reconhecimento e inibição do alarme.

**COORDENAÇÃO DO CURSO: 01102 - TÉCNICO INTEGRADO EM ELETROTÉCNICA**

Também são instalados nos muros que circundam o perímetro da subestação, proteção do tipo cerca elétrica, ou sensor infravermelho ou mesmo câmaras de vídeo.

Outro tipo de proteção também instalada nas subestações é a proteção contra a presença de fumaça, normalmente instalada no teto da sala de comando.

A proteção contra-incêndios é proporcionada por parede corta-fogo, ao lado do transformador de força e por extintores portátil e tipo carreta, de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e pó químico seco;

**UNIDADE 8: NOÇÕES DE SISTEMAS DIGITAIS PARA AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÃO DISTRIBUIDORA:**

- 8.1. Arquitetura do sistema de automação;
- 8.2. Funções Automatizadas;
- 8.3. Arranjos de Barras;
- 8.4. Sinalização ou monitoração de equipamentos;
- 8.5. Medição;
- 8.6 Proteção;
- 8.7. Religamento de LTs;
- 8.8. Localização de Falhas;
- 8.9. Telecomando / Tele- controle.

**UNIDADE 9: SISTEMA DE ATERRAMENTO:**

- 9.1. Variação da resistividade do solo;
- 9.2. Variações e efeitos da resistividade com as correntes de escoamento;
- 9.3. Aparelho utilizado para medições da resistividade;
- 9.4. Processo de escolha do local para a malha;
- 9.5. Nº de pontos a serem medidos;
- 9.6. Método de Wenner;
- 9.7. Sistema de Aterramento;
- 9.8. Resistência de Aterramento;
- 9.9. Finalidade de um sistema de aterramento;
- 9.10. Definições: Potencial de Toque, de Passo e de Transferência.

**UNIDADE 10. VISITAS TÉCNICAS**

- 10.1. Visita a subestação de utilização do IFCE;
- 10.2. Visita a subestação distribuidora da concessionária;
- 11.3. Visita as usinas de Paulo Afonso e Xingó da CHESF.

**METODOLOGIA DE ENSINO**

Aulas expositivas teóricas e atividades práticas no laboratório, trabalhos individuais e em grupo, pesquisa e visitas técnicas.

**RECURSOS**

- Quadro branco e pincel marcador;
- Livro didático;
- Apostilha de Sistemas de Potência e Subestações
- Recursos audiovisuais;
- Programas computacionais específicos;
- Laboratório de Subestações;
- Materiais e equipamentos.

**DIRETORIA DE ENSINO**  
**DEPARTAMENTO DE INDÚSTRIA**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO: 01102 - TÉCNICO INTEGRADO EM ELETROTÉCNICA**

### **AValiação**

Avaliação do conteúdo teórico e listas de exercícios a serem resolvidas totalmente ou parcialmente em sala de aula. Avaliação de conhecimento continuada e cumulativa através de avaliação individual e em grupo;  
Autoavaliação contínua, através dos exercícios e atividades, permitindo ao aluno saber seu desempenho.  
Avaliação de atividades desenvolvidas em laboratório.

### **BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

PRAZERES, Romildo Alves dos. Redes de distribuição de energia elétrica e subestações. Curitiba: Base Editorial, 2010.

MAMEDE FILHO, João. Manual de equipamentos elétricos - volume único. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BOSSI, Antônio; SESTO, Enzo. Instalações elétricas. São Paulo: Hemus, 1978. 1070 p.

MAMEDE FILHO, João. Instalações elétricas industriais: de acordo com a Norma Brasileira NBR 5419:2015. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5419. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14039. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

DE CASTRO, Raimundo César Gênova. Apostilha de Sistemas Elétrico de Potência e Subestações-IFCE.

### **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

MAMEDE FILHO, João; MAMEDE, Daniel Ribeiro. Proteção de sistemas elétricos de potência. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

STEVENSON, William D., Jr. Elementos de análise de sistemas de potência. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

PINTO, Milton de Oliveira. Energia elétrica: geração, transmissão e sistemas interligados. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

OLIVEIRA, Carlos César Barioni de et al. Introdução a sistemas elétricos de potência: componentes simétricos. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

BARROS, Benjamim Ferreira de; GEDRA, Ricardo Luís. Cabine primária: subestações de alta tensão de consumidor. 2.ed.rev.atual. São Paulo: Érica, 2013.

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA N° 125 – Fornecimento de Energia em tensão Primária de Distribuição- Enel Distribuição Ceará.

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA N° 144-Subestação de distribuição aérea e semi-abrigada 72,5-15KV-Enel-CE.

**Coordenador do Curso**

**Setor Pedagógico**