

# O ENSINO DE TÉCNICAS DE ALTA TENSÃO NO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA UFPB

**Edson Guedes da Costa** – edson@dee.ufpb.br

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Elétrica  
Campus II - Bodocongó  
58109-970 - Campina Grande - PB

**Washington L. Araújo Neves** – waneves@dee.ufpb.br

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Elétrica  
Campus II - Bodocongó  
58109-970 - Campina Grande - PB

*Resumo. A reestruturação curricular recentemente implantada no curso de graduação em Engenharia Elétrica da UFPB permitiu a introdução de novas disciplinas para adequar o perfil do profissional formado à realidade tecnológica. Entre essas, a disciplina Técnicas de Alta Tensão foi introduzida visando capacitar o futuro engenheiro eletricista a trabalhar na manutenção, ensaios e especificações de equipamentos elétricos, aproveitando as potencialidades do Laboratório de Alta Tensão existente no Campus II da UFPB. Este trabalho apresenta os tópicos desenvolvidos na disciplina enfatizando sua forte abordagem experimental. Discute-se suas dificuldades e perspectivas futuras.*

*Palavras-chave: Alta Tensão, Ensaios Elétricos, Laboratório de Alta Tensão.*

## 1. INTRODUÇÃO

Vem-se tornando cada vez mais sentida, no âmbito da Universidade, particularmente entre os estudantes, a preocupação com a dicotomia entre a teoria e a prática, gerando defasagem entre o ensino e as necessidades do mercado de trabalho. Este problema é bem mais evidente nas áreas tecnológicas, a partir das quais o estudante é lançado às atividades das empresas e da indústria, com uma grande quantidade de informação geral, sem conseguir estabelecer um vínculo entre os conhecimentos adquiridos na Universidade e as atividades do sistema industrial. Diante disto, o Departamento de Engenharia Elétrica da UFPB – DEE/UFPB empreendeu recentemente uma reestruturação curricular para adequar o perfil do profissional que ele forma à realidade tecnológica, tendo a preocupação também com as novas tendências do mercado de trabalho. Para alcançar este objetivo, algumas disciplinas foram introduzidas e outras tiveram suas ementas e metodologias modificadas.

Técnicas de Alta Tensão é uma disciplina desse novo currículo. Ela foi introduzida tendo em vista que muitos engenheiros que atuam na área de processamento de energia, em grandes empresas de eletricidade, trabalham em subestações de alta-tensão, necessitando de conhecimentos básicos de técnicas de alta-tensão. Infelizmente, a maioria das universidades brasileiras não dispõe de laboratório de alta-tensão, meio indispensável para repassar esses conhecimentos aos futuros engenheiros.

Alta tensão é um campo da Engenharia Elétrica onde os princípios científicos são oriundos da Física e que pelas suas aplicações está intimamente conectada com a prática industrial. O estudo das propriedades dos gases e plasmas, bem como dos materiais isolantes

líquidos e sólidos é de fundamental importância para o entendimento da tecnologia da alta tensão. Contudo, alguns fenômenos físicos nesses meios podem não ser totalmente explicados por tratamentos teóricos, assim experimentos constituem uma ferramenta fundamental para o entendimento dos fenômenos. Técnicas de Alta Tensão é uma disciplina que tem um forte apoio de aulas práticas realizadas no Laboratório de Alta-tensão da UFPB. Pretende-se que o estudante adquira conhecimentos teóricos e vivência experimental sobre:

- técnicas de geração e medição de altas tensões contínua, alternada e de impulso;
- mecanismos de condução e ruptura de dielétricos sólidos, líquidos e gasosos.

## **2. A DISCIPLINA TÉCNICAS DE ALTA TENSÃO**

Técnicas de Alta Tensão apresenta uma carga horária total de 60 horas e tem como pré-requisitos: Materiais Elétricos; Laboratório de Materiais Elétricos; Instalações Elétricas Industriais e Laboratório de Instalações Elétricas. A carga horária experimental de Técnicas de Alta Tensão é de aproximadamente de 30 horas. Os experimentos são desenvolvidos em um Kit de alta tensão de 100kV, 10kVA.

### **2.1. Objetivos do Curso**

Pretende-se que o aluno, ao concluir a disciplina, seja capaz de conhecer os princípios da geração, medição de alta tensão e de alta corrente. Também é objetivo do curso capacitar os alunos para trabalharem na manutenção, ensaios e especificações de equipamentos elétricos de alta tensão.

### **2.2. Estrutura Programática**

Para atingir os objetivos do curso é necessário o estudo da geração e medição de alta tensão (alternada, contínua e de impulso) e da geração e medição de corrente de impulso. Nesse estudo são apresentados e discutidos os diversos arranjos experimentais e configurações construtivas dos equipamentos. A segunda parte do curso é voltada para o estudo das propriedades dos gases e plasmas, bem como dos materiais isolantes líquidos e sólidos. Os experimentos implementados visam sedimentar os conhecimentos em descargas em gases e suas misturas, sólidos e líquidos.

### **2.3. Ementa**

Geração de alta tensão alternada, contínua e de impulso. Métodos de medição de alta tensão associados a ensaios. Geração e medição de correntes de impulso. Estatística da medição.

### **2.4. Programa**

#### **Capítulo 1 – Geração e medição de Alta Tensão Alternada**

- Geração de Tensão Alternada
  - Geração de Tensão Alternada;
  - Transformadores de Ensaios;
  - Conexão em cascata e
  - Circuito Ressonante Série.
- Medição de alta tensão

- Transformador de Potencial Indutivo;
- Transformador de Potencial Capacitivo;
- Espinterômetros;
- Voltímetro Eletrostático;
- Divisor de Potencial Capacitivo e
- Voltímetro de Pico.
- Experimento de Geração e Medição de Alta Tensão Alternada

## **Capítulo 2 - Geração e medição de Alta Tensão Contínua**

- Geração de Alta Tensão Contínua
  - Conversores ca/cc - Circuitos Retificadores;
  - Circuito de Villard;
  - Circuito de Greinacher;
  - Conexão Cockcroft-Walton e
  - Geradores Eletrostáticos
- Medição de Tensão Contínua
  - Espinterômetros;
  - Voltímetro Eletrostático;
  - Divisor de Potencial Resistivo e
  - Voltímetros - Princípio de Gerador.
- Experimento de Geração e Medição de Alta Tensão Contínua

## **Capítulo 3 - Geração e medição de Alta Tensão de Impulso**

- Geração de Alta Tensão de Impulso
  - Parâmetros Característicos de Tensão de Impulso;
  - Circuitos de Geração de Tensão de Impulso e
  - Gerador de Marx de Múltiplos Estágios.
- Medição de Alta Tensão de Impulso
  - Espinterômetros;
  - Divisores de Tensão de Impulso;
  - Divisor Resistivo;
  - Divisor Capacitivo;
  - Divisor Misto;
  - Divisor Capacitivo (com amortecimento);
  - Voltímetros de Pico e
  - Avaliação da Resposta dos Sistemas de Medição de Tensão de Impulso.
- Experimento de Geração e Medição de Alta Tensão de Impulso

## **Capítulo 4 – Estatística da Medição**

- Definições;
- Classificação dos ensaios;
- Distribuição;
  - Distribuição de frequência;
  - Distribuição acumulada e
  - Distribuição normal;
- Intervalo de confiança;
- Método "up and down" e
- Análise dos resultados.

## Capítulo 5 – Experimentos

- Estudo de descargas em gases
- Ruptura elétrica em mistura de gases
- Descargas parciais
- Geração e medição de impulso de corrente

### 2.5. Procedimento do Curso

- Aulas Expositivas sobre os assuntos do programa;
- Aulas de laboratório;
- Listas de Exercícios e
- Visitas técnicas.

### 2.6. Avaliação da Aprendizagem

- 3 Exercícios escolares escritos e exame final:  
Exercício 1 - Exerc1 (capítulos 1 e 2)  
Exercício 2 - Exerc2 (capítulos 3 e 4);  
Exercício 3 - Relatórios de experimentos e  
Exame Final - EF

### 2.7. Bibliografia

- [01] COSTA, E. G., *Técnicas de Alta Tensão*, Notas de Aula, 1999.
- [02] COSTA, E. G., *Técnicas Experimentais em Alta Tensão - Guias de Experimentos*, 1984.
- [03] NAIDU, M. S. & KAMARAJU, V., *High Voltage Engineering*, Tata McGraw Hill, 1996.
- [04] KUFFEL, E. & ZAENGL, W. S., *High Voltage Engineering: Fundamentals*, Pergamon Press, 1992.
- [05] ALSTON, L. L., *High Voltage Technology*, Oxford University Press, 1968.
- [06] SCHWAB, A. J., *High Voltage Measurement Techniques*, MIT Press, 1972.
- [07] KIND, D., *An Introduction to High Voltage Experimental Technique*, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, 1978.
- [07] ROTH, A., *Tecnica de la Alta Tension*, Springer-Verlag 1966.

## 3. DIFICULDADES ATUAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

O DEE dispõe de um laboratório de alta tensão, que tem sido usado em cursos de pós-graduação e prestação de serviços a concessionárias de energia elétrica e empresas privadas da região por cerca de 25 anos. Precisa-se promover a recuperação e reequipamento do laboratório para alta tensão, viabilizando a inclusão de novos experimentos. Para tanto, é necessário a aquisição de equipamentos básicos para laboratório, tais como: sistemas de aquisição de dados, osciloscópios modernos, etc. Existe uma grande dificuldade de obtenção de recursos do governo federal. O DEE tem também buscado recursos, embora bastante limitados, na prestação de serviços a terceiros para dar condições de aquisição de equipamentos básicos.

#### 4. CONCLUSÃO

A disciplina Técnicas de Alta Tensão foi introduzida visando preencher uma lacuna entre teoria e prática na área de processamento da energia, aproveitando as potencialidades do Laboratório de Alta Tensão existente no Campus II da UFPB. Neste trabalho foram apresentados os tópicos desenvolvidos na disciplina enfatizando sua forte abordagem experimental e discutido suas dificuldades e perspectivas futuras.

Desse modo a disciplina Técnicas de Alta Tensão contribui para a formação de profissionais que estejam aptos a enfrentar os desafios impostos pela dinâmica tecnológica e para a melhoria do nível de competitividade das empresas nacionais nos mercados interno e externo. No entanto, precisa-se :

- desenvolver mais experimentos em laboratórios, viabilizando a absorção dos avanços científicos;
- aumentar a motivação do aluno, através da correlação entre a parte teórica e prática contribuindo para a sedimentação de conhecimentos;
- criar um ambiente de incentivo aos estudantes para terem uma visão positiva do fazer tecnológico, motivando a geração de futuros empreendimentos;
- oferecer cursos de extensão e treinamento de engenheiros e técnicos de empresas de energia elétrica.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [01] CGEE– Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do CCT/UFPB, *Projeto Pedagógico*, Campina Grande, PB, 1999.
- [02] COSTA, E. G., *Plano de Curso da Disciplina Técnicas de Alta Tensão*, Campina Grande, PB, 1999.
- [03] NAIDU, M. S. & KAMARAJU, V., *High Voltage Engineering*, Tata McGraw Hill, 1996.
- [04] KUFFEL, E. & ZAENGL, W. S., *High Voltage Engineering: Fundamentals*, Pergamon Press, 1992.
- [05] KIND, D. & FESER, K., *High Voltage Test Techniques*, Vieweg/SBA Publications, 1999.
- [06] KHALIFA, M., *High Voltage Engineering- Theory and Practice*, Marcel Dekker, 1990.