



**XV SNTPEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

**STE/12**

**17 a 22 de outubro de 1999  
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil**

SESSÃO TÉCNICA ESPECIAL (STE)  
EDUCAÇÃO E GESTÃO DA TECNOLOGIA

**CAPACITAÇÃO ACADÊMICA PARA A QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA**

Guilherme Alfredo Dentzien Dias\*

Marcos Telló  
PUCRS

Fausto Bastos Líbano

**RESUMO**

Neste trabalho apresenta - se o que está sendo realizado no Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia - FENG, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, em termos do ensino dos tópicos referentes a Qualidade da Energia Elétrica - QEE. Assim sendo, tem - se uma descrição do que conduziu a implementação do tema QEE em uma disciplina específica, o seu desenvolvimento ao longo de seis semestres, o que foi realizado e o que se pretende realizar e as conclusões correspondentes aos benefícios advindos do ministério de tais conteúdos.

**PALAVRAS-CHAVE**

Capacitação, Qualidade da Energia Elétrica, Graduação em Engenharia Elétrica

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O crescente interesse, em nível mundial, em Qualidade de Energia Elétrica, exige que os egressos dos Cursos de Graduação em Engenharia Elétrica das Universidades Brasileiras, possam dar rápidas respostas neste item quando ingressarem no mercado de trabalho, seja como empresário seja como funcionário de indústria ou concessionária de energia elétrica.

Assim, o Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul vem ministrando, a seis semestres, uma disciplina de formação profissional nos conteúdos Qualidade da

Energia Elétrica e Transitórios Eletromagnéticos, de forma a explorar mais os aspectos teóricos, que serão trabalhados de forma aplicada nas disciplinas de projeto de instalações elétricas de alta e baixa tensão.

**2.0 METODOLOGIA**

Em linhas gerais as aulas são expositivas, desenvolvendo - se algumas atividades de laboratório. Inicia - se com noções gerais dos transitórios eletromagnéticos, Qualidade da Energia Elétrica e se dá especial ênfase em harmônicas.

Adicionalmente, são convidados especialistas da área que ministram tópicos especiais, tais como filtros ativos, passivos e híbridos, cálculo da potência ativa e reativa em ambientes perturbados, entre outros. Também se utiliza o apoio de especialistas em matemática para revisar, em profundidade, a série e a transformada de Fourier e as Wavelets.

Desde o primeiro dia de aula, é definida a realização de um trabalho em Qualidade da Energia Elétrica, a ser apresentado por cada um dos alunos que frequentam a disciplina. Tal trabalho é desenvolvido através de estudo de casos publicados através de artigos em revistas, periódicos e anais de eventos nacionais (por exemplo o Seminário Brasileiro de Qualidade da Energia Elétrica - SBQEE e Seminário Nacional da Produção e Transmissão da Energia Elétrica - SNTPEE) e internacionais (por exemplo o ICHQP International Conference on Harmonic and Quality of Power, IEEE PowerTech, etc.), onde o acadêmico deve, de forma predominantemente autodidatada, entender os conceitos, tentar (quando possível) reproduzir resultados, apresentar o artigo aos demais colegas e ser sabatinado por estes e pelo Professor da disciplina.

### 3.0 - RESULTADOS OBTIDOS

Os procedimentos adotados tem apresentado resultados excelentes, acadêmicos, profissionais e empresariais, em termos da resposta dada pelos alunos.

#### 3.1 Resultados acadêmicos

As respostas acadêmicas correspondem a realização de vários Trabalhos de Conclusão de Curso de Graduação, teóricos e práticos, resultando em softwares para cálculo de penetração de harmônicas, análise de medidores de harmônicas com a análise dos erros conceituais realizados por alguns fabricantes, avaliação de equipamentos condicionadores de energia (FACTS, SMES, filtros, etc.), aquecimento produzido por harmônicas em equipamentos elétricos rotativos, entre outros.

Salienta - se que em decorrência dos resultados teóricos, comprovados por experiências práticas com o emprego de retificador trifásico controlado, do trabalho de Análise de Medidores de Harmônicas, a Universidade foi procurada por fabricantes, para receber consultoria em medição de harmônicas.

Outros aspectos relevantes, se referem a prêmios nacionais recebidos por alunos da Universidade, especificamente o prêmio referente ao Concurso Nacional WEG de Conservação de Energia Elétrica (1.998), o qual versava sobre a aplicação de acionamentos para motores, e o correspondente ao Prêmio (Nacional) PETROBRÁS de Tecnologia de Dutos (1.999).

#### 3.2 Resultados profissionais

Quanto a resposta profissional, ocorreram vários casos onde os alunos da disciplina, quando da realização do Estágio Profissionalizante obrigatório, se depararam nas empresas em que exerciam as suas atividades de estagiários, com problemas de operação que podiam ser explicados através de conceitos básicos sobre harmônicas, realizando comentários que os tornaram “experts” da empresa neste tema. Assim sendo, foram convidados para ministrar palestras e seminários sobre harmônicas e os problemas decorrentes das mesmas no sistema elétrico, o que lhes deu projeção profissional e garantiu as suas admissões como engenheiros.

#### 3.3 Parcerias com empresas

Outra decorrência destes desdobramentos são as parcerias que estão sendo realizadas com várias empresas. Com a CEEE - Companhia Estadual de Energia Elétrica, que está apoiando a elaboração de normas e rotinas para testes para observar a qualidade do consumo e fornecimento em consumidores de grande porte, antes que estes se instalem ou quando de ampliações, ficando os valores assim obtidos como de referência para comparação com medições futuras. Com a TRENSURB - Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S. A., estão sendo realizados estudos diversos, entre os quais pretende - se avaliar repetidas queimas de transformadores secos que suprem cargas produtoras de harmônicas (retificadores, No Break, etc.).

#### 3.4 Cursos sobre QEE

Outro aspecto importante, se refere a realização de Cursos de Qualidade de Energia Elétrica, com duração de 40 horas - aula, ministrados no Rio Grande do Sul, inclusive com a participação de especialistas de outros estados brasileiros. Com o apoio de Associações de Empresas do setor elétrico, as quais procuraram os autores deste I. T., foram realizados cursos de pequena duração (na faixa de 10 a 20 horas - aula). A partir da realização destes cursos, foi dado a conhecer à comunidade do Rio Grande do Sul, que a PUCRS apresenta competência e dispõe de equipamentos para a realização de grande numero de itens relacionados com a QEE, já tendo a mesma sido acionada por empresas petroquímicas para realização de medições e emissão de parecer técnico.

#### 3.5 Participação em eventos

A medida em que as atividades correlacionadas com QEE são desenvolvidas na Universidade, mais assuntos podem ser divulgados a comunidade, permitindo a apresentação de trabalhos técnicos em fóruns nacionais de grande relevância, como o SNPTEE, SBQEE, entre outros, e internacionais, como ICHQP, IEEE PowerTech, entre outros.

### 4.0 - INTERAÇÃO ALUNO - PROFESSOR

Resultado importante produzido pela motivação e interação dos alunos e professor, foi a publicação do livro *Harmônicas em Sistemas Industriais*, decorrente do resultado dos primeiros trabalhos da disciplina, e

da necessidade de bibliografia em português, abordando tema tão importante. Outro resultado foi a formação de Grupo de Pesquisa envolvendo Qualidade da Energia Elétrica. A capa do livro está apresentada na FIGURA 1.



FIGURA 1 - Capa do livro *Harmônicas em Sistemas Industriais*.

Os principais itens apresentados no livro são os discriminados a seguir:

- Definições de QEE
- Potência e fator de potência
- Equipamentos produtores de harmônicas
- Perturbações no sistema elétrico
- Critérios de limitação
- Estudos de análise harmônica
- Medição e monitoração de harmônicas
- Softwares existentes

## 5.0 - PERSPECTIVAS FUTURAS

Metas de curto prazo são a implementação de um Laboratório de Qualidade da Energia Elétrica dedicado aos alunos do Curso de Graduação, com instrumentação real e virtual, e a edição revista e

ampliada do livro anteriormente citado, em termos de Qualidade da energia Elétrica.

Neste sentido, alguns equipamentos relacionados com o tema tem hoje papel de destaque, entre eles, registradores, multimedidores e osciloscópios dedicados. Por exemplo, o equipamento Tektronics THS 720P é um osciloscópio dedicado para medidas de potência, realização de análise harmônica, captura de *sag* e *swell*, etc., conforme se ilustra na Figura 2, para o caso de um retificador trifásico totalmente controlado.

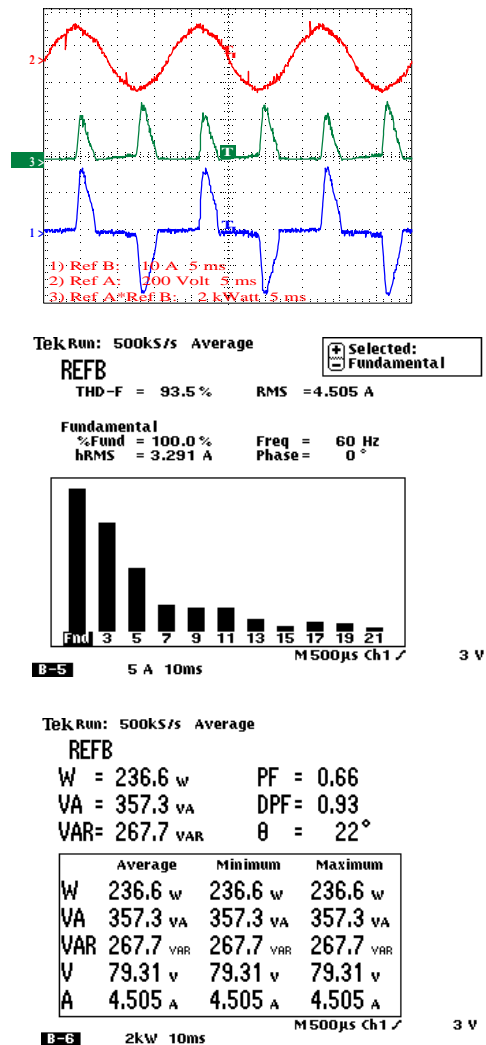


Figura 2 - Medição de retificador trifásico controlado.

É intenção do Autor do livro *Harmônicas em Sistemas Industriais*, quando da Segunda Edição, convocar e coordenar os especialistas brasileiros no assunto Qualidade da Energia Elétrica e realizar um livro a várias mãos (por exemplo, um capítulo por autor), contendo o que de melhor existe no cenário nacional e mundial, na área.

Quer - se ainda integrar a disciplina, com outras disciplinas da Área de Sistemas de Potência, tais como as que versam sobre fluxo de carga, proteção de sistemas elétricos, controle de sistemas de potência, máquinas elétricas, etc. A integração referida dar - se - á através da conexão, via rede, dos diversos laboratórios, onde poderão ser "rodados" casos que permitam avaliar o impacto da QEE em um sistema industrial de potência e sobre os equipamentos.

## 6.0 - CONCLUSÕES

Verifica - se que uma disciplina de Qualidade da Energia Elétrica é importante para todos os Cursos de Graduação, pois além de ser assunto apaixonante, está se tornando de suma importância no cenário nacional face a desregulamentação do setor elétrico, necessitando o egresso dos Cursos de Engenharia, de informações sólidas sobre estes assuntos. Adicionalmente, poder - se - á , através do uso de laboratórios reais e virtuais, avaliar o impacto da QEE sobre sistemas elétricos e equipamentos.

## 7.0 - BIBLIOGRAFIA

(1) DIAS, G. A. D., Harmônicas em Sistemas Industriais (livro), EDIPUCRS, Porto Alegre, abril de 1998.

(2) DIAS, G. A. D., e outros, Situação atual e perspectivas futuras no emprego de microcomputadores no ensino de engenharia - Ênfase Eletrotécnica, II SUMEE - Seminário sobre o Uso de Microcomputador no Ensino de Engenharia, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS, 14 de outubro de 1988.

(03) DIAS, G. A. D., e outros, Programas para uso didático no Departamento de Eletrotécnica da PUCRS, IV SUMEE - Seminário sobre o Uso de Microcomputador no Ensino de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 04 de outubro de 1991.

(03) DIAS, G. A. D., e outros, Educação continuada no ensino de Engenharia Elétrica - Ênfase Eletrotécnica da PUCRS, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 91, João Pessoa, Paraíba, 19 a 22 de novembro de 1991.

(04) DIAS, G. A. D., e outros, R @ D Joint Development at CEEE - PUCRS, IV Symposium of Specialists in Electric Operational and Expansion Planning, Foz do Iguaçu - Brasil, 23 a 27 de maio de 1994.

(05) DIAS, G. A. D., e outros, Harmônicas produzidas pela saturação de transformadores - Relato de caso, 2º Seminário Brasileiro da Qualidade de Energia Elétrica - SBQEE'97, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Minas Gerais, São Lourenço, 17 a 21 de novembro de 1997.

## 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Guilherme A. D. Dias, nasceu em Porto Alegre em 28 de abril de 1950, graduou - se em Engenharia Elétrica - Ênfase Eletrotécnica em 1975, pela UFRGS, Pós - graduado em Energia em 1996, pela UFRGS, em doutoramento pela UFRGS, Professor da Engenharia Elétrica da PUCRS, Ex - Engenheiro da Companhia Estadual de Energia Elétrica e AES Sul Distribuidora de Energia Elétrica, publicou com outros autores, mais de oitenta artigos técnicos no Brasil e exterior.



Marcos Telló, nasceu em Ijuí em 25 de novembro de 1956, graduado em Engenharia Eletrica em 1981 pela PUCRS, Mestre em Engenharia (Sistemas Elétricos) em 1991 pela UFSC, Professor da PUCRS desde 1982. Integrante do GCEM - Grupo de Compatibilidade EletroMagnetica desde 1992, em doutoramento pela UFRGS, Engenheiro da CEEE desde 1982, publicou com outros autores, mais de oitenta artigos técnicos no Brasil e exterior.



Fausto Bastos Líbano, Engenheiro Eletricista PUCRS, 1985. Mestre pela UFSC , 1988. Licenciado pela PUCRS, em 1991. Doutor pela UPM - Universidade Politécnica de Madri, 1997. Professor da PUCRS desde 1985, ministrando disciplinas na área de Eletro - eletrônica e Qualidade de Energia. Realiza pesquisas a cerca de Filtros Híbridos Ativos de Potência, Acionamentos Elétricos, tendo publicado artigos em nível nacional e internacional.