

PRÁTICAS DE LABORATÓRIO NO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Rafael M. Sales – rafael.ma.sales@gmail.com
Vinícius T. Pereira – vinitorrada@hotmail.com
Gisanara Dors – gisadors@yahoo.com.br
Marcelo Esposito – marcelo.esposito@ufpel.edu.br
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Rua: Gomes Carneiro, Número: 01, Centro
CEP: 96010-610 - Pelotas - Rio Grande do Sul

***Resumo:** A articulação teórica-prática e a integração de conhecimentos se dão, também, nas disciplinas de laboratório, onde as atividades são naturalmente interdisciplinares. O professor responsável pela disciplina de Medidas Elétricas (MED), ofertada para os cursos de Engenharia de Controle e Automação (ECA) e Engenharia Eletrônica (EE) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), identificou a necessidade de uma formatação diferenciada para esta disciplina. O foco na parte experimental (prática) permite que o aluno descubra por suas próprias convicções (experiências) as diferenças entre a teoria e a prática. Em 2011/02 a disciplina de MED teve como enfoque a relação entre a medição de grandezas elétricas e a medição de grandezas físicas por meio de sensores, sem a realização de atividades práticas. O que aparentemente não despertou nos alunos, o anseio pelo aprendizado. Após uma extensa pesquisa bibliográfica, considerou-se a possibilidade de realização de experimentos sobre circuitos elétricos. Com certa frequência era relatado pelos alunos iniciantes em eletricidade a dificuldade em compreender o que são e como se apresentam os ramos, nós e malhas em circuitos elétricos. Além disso, o uso de regras de arredondamento e a realização de cálculos utilizando diferentes unidades ainda era um desafio para o aprendizado nas classes iniciais. A junção de fundamentos de metrologia científica e industrial com experimentos envolvendo circuitos elétricos, tendo como base conhecimentos já adquiridos pelos alunos em disciplinas teóricas anteriores, fortaleceu a disciplina de MED tornando-a interessante e indispensável.*

***Palavras-chave:** Medidas, Circuitos, Elétricos.*

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico ocorrido nos últimos anos, principalmente no que se refere a dispositivos eletrônicos digitais, mostra que a disciplina de Medidas Elétricas (MED), comumente oferecida aos cursos de engenharia elétrica e cursos relacionados com esta área, não pode mais ser ofertada utilizando-se somente instrumentos de medição analógicos. Um exemplo prático é a alteração curricular ocorrida no Curso de Engenharia Elétrica do Centro



de Ciências Tecnológicas, da Fundação Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) pela RESOLUÇÃO Nº 016/2008 (CONSUNI, 2008). A matriz curricular atual do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UDESC mostra que a partir de 2008/01 a disciplina de Eletrotécnica oferecida no quarto semestre é equivalente a disciplina de Medidas Elétricas, oferecida anteriormente no sexto semestre do referido curso, também como disciplina obrigatória.

A ementa da disciplina de Medidas Elétricas oferecida até 2007/02 na UDESC incluía: instrumentos de medidas, medição de potência e energia complexa, medidas de resistência, transformadores para instrumentos e medidas de resistência da terra. E tinha como referência básica os livros do autor Solon de Medeiros Filho, título: Fundamentos de Medidas Elétricas de 1981 (MEDEIROS FILHO, 1981) e Medição de Energia Elétrica de 1986 (MEDEIROS FILHO, 1986). A partir de 2008/01 a disciplina de Eletrotécnica tem como ementa: análise fasorial, valores médios e eficazes, potência complexa, correção do fator de potência, circuitos polifásicos, conceitos básicos de medição de grandezas elétricas, estudo de instrumentos analógicos e digitais, transformadores para instrumentação, medição de potência, energia e resistência. Cabe resaltar que em ambas as matrizes curriculares as disciplinas de Física Experimental I, II e III (esta última a partir de 2008/01) também abordam fundamentos básicos relacionados à medição de grandezas elétricas. Ao analisar o programa da disciplina de Eletrotécnica, percebe-se de forma mais contundente, a preocupação em se apresentar instrumentos de medição analógicos e digitais. A evolução na área de instrumentos de medição eletrônicos ocorre da mesma forma que a apresentada na área de informática, onde a todo momento são lançadas no mercado novidades relacionadas à facilidade de uso, robustez, exatidão e precisão.

O Art. 6º da Resolução CNE/CES 11/2002 (DOU, 2002) que institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia diz que todo o curso de Engenharia, independente de sua modalidade, deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizem a modalidade. O núcleo de conteúdos básicos representa cerca de 30% da carga horária mínima, o núcleo de conteúdos profissionalizantes cerca de 15% da carga horária mínima e o núcleo de conteúdos específicos constitui-se de extensões e aprofundamentos dos conteúdos do núcleo de conteúdos profissionalizantes, bem como de outros conteúdos destinados a caracterizar modalidades. Estes conteúdos, consubstanciando o restante da carga horária total, serão propostos exclusivamente pela instituição de educação superior e compreendem os conhecimentos científicos, tecnológicos e instrumentais necessários para a definição das modalidades de engenharia e devem garantir o desenvolvimento das competências e habilidades estabelecidas nestas diretrizes. Foi com base nesta resolução que os professores da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) formataram no ano de 2010 (ano de criação dos cursos) a matriz curricular e os demais documentos constituintes do Projeto Pedagógico dos Cursos (PPC) de Engenharia de Controle e Automação (ECA) e Engenharia Eletrônica (EE).

A disciplina de MED possui a seguinte ementa, conforme PPC de cada um dos cursos: teoria dos erros, instrumentos de medida analógicos, instrumentos de medida digitais, transformadores para instrumentos, medição de potência em corrente alternada (CA), medição de energia em CA e medição de resistência. Ela é ofertada no 5º semestre para a ECA e no 3º semestre para EE, a primeira oferta ocorreu em 2011/02.

A ementa da disciplina foi baseada no conteúdo programático da disciplina de mesmo nome ofertada na Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC GOIÁS, 2007) para o



curso de Engenharia Elétrica. O conteúdo programático é distribuído da seguinte forma: grandezas, unidades e padrões, teoria de erros, qualidade de medidas e simbologia usada em medidas elétricas, elementos de medição analógica, instrumentos de bobina móvel, instrumentos de ferro móvel, medidas de resistência, tensão e corrente em corrente contínua (CC) e CA, medição de potência em CC e CA, medidas de potência em cargas monofásicas e trifásicas, potência em cargas estrela ou triângulo, potência em cargas desequilibradas, transformadores para instrumentos, transformadores de potencial (TP), transformadores de corrente (TC), medição de energia elétrica, instrumentos de indução, osciloscópio, visualização de formas de onda, estudo das figuras de Lissajous, medição de reatâncias e impedâncias, medição de resistência de aterramento e resistividade do solo, sensores e transdutores para instrumentos.

O osciloscópio é, provavelmente, o instrumento de medição mais versátil. De fato, apesar de este instrumento permitir apenas a visualização e análise de grandezas elétricas, a sua aplicação não se limita a este tipo de grandezas. A utilização de transdutores adequados permite utilizar o osciloscópio para a análise de sinais não elétricos, tais como temperatura, pressão, luminosidade, entre outros. Um osciloscópio é um instrumento de medição eletrônica que monitora os sinais de entrada e os exibe graficamente em um formato simples de tensão versus tempo. Mostrar para o aluno a versatilidade deste equipamento na pesquisa e desenvolvimento de dispositivos eletrônicos é muito importante.

De posse deste conhecimento considerou-se à possibilidade da disciplina de MED abranger como parte prática, além de fundamentos de metrologia científica e industrial, experimentos envolvendo circuitos elétricos, de acordo com o conhecimento já adquirido pelos alunos em disciplinas anteriores. As disciplinas de Circuitos Elétricos I (CEL I) e II (CEL II), constantes no PPC de ambos os cursos, e a disciplina de Circuitos Elétricos III (CEL III) no curso de EE, pela quantidade de assuntos abordados acabam por não oferecer ao aluno em sua individualidade uma atuação prática em laboratório e sim apenas a visualização de demonstrações realizadas pelo professor em sala de aula.

A articulação teórica-prática e a integração de conhecimentos se dão, também, nas disciplinas de laboratório, onde as atividades são naturalmente interdisciplinares. O foco na parte experimental (prática) permite que o aluno descubra por suas próprias convicções (experiências) as diferenças entre a teoria e a prática. Em 2011/02 a disciplina de MED (UFPEL) teve como enfoque a relação entre a medição de grandezas elétricas e a medição de grandezas físicas por meio de sensores, sem a realização de atividades práticas. O que aparentemente não despertou nos alunos, então matriculados, o anseio pelo aprendizado. A aplicação de conhecimentos já adquiridos juntamente com as novas práticas traz inúmeros benefícios para o aprendizado, principalmente no aspecto motivacional.

O objetivo do presente trabalho é apresentar o projeto de ensino cadastrado na Pró-reitoria de Graduação da UFPEL, referente a confecção de material didático para uso em laboratório na disciplina de MED. O assunto abordado no material didático contempla todos os conteúdos teóricos ministrados nas disciplinas de Circuitos Elétricos I, II e III. As atividades foram divididas da seguinte forma: definição de assuntos e projeto dos experimentos envolvendo circuitos em CA e em CC, aspectos de segurança em eletricidade, confecção de roteiros para os experimentos, correção dos roteiros e validação experimental, apresentação aos alunos matriculados na disciplina e por fim a verificação da satisfação e da motivação dos alunos perante a nova formatação da disciplina de Medidas Elétricas. A familiarização dos alunos com as funções e recursos disponíveis em osciloscópios, geradores de funções, fontes e multímetros, foi a maior contribuição para o ensino de graduação.



2. METODOLOGIA

Inicialmente foram definidos os assuntos de interesse, baseados no material disponibilizado na internet pela professora Dra. Valquíria Gusmão Macedo da Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia Elétrica e Computação, Circuitos Elétricos II (MACEDO, 2014) e pelo professor Dr. James Alexandre Baraniuk da Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Elétrica, Laboratório de Engenharia Elétrica V (BARANIUK, 2014). Especial atenção foi dedicada ao Manual do Kit Didático de Medidas Elétricas - WEG Equipamentos Elétricos S.A. O resultado da análise dos roteiros de laboratório e dos manuais foi a relação de conteúdos a serem abordados na disciplina de MED na UFPel.

2.1. Atividade teórica

Parte introdutória da disciplina. O desenvolvimento do programa foi realizado por meio de aulas teóricas, expositivas, com o auxílio de equipamentos multimídia, versando sobre medidas elétricas (GUSSOW, 2009), segurança em eletricidade: normas de conduta em experimentos com risco potencial de acidente (UNESP, 2014) e fundamentos de metrologia científica e industrial (ALBERTAZZI & SOUSA, 2008).

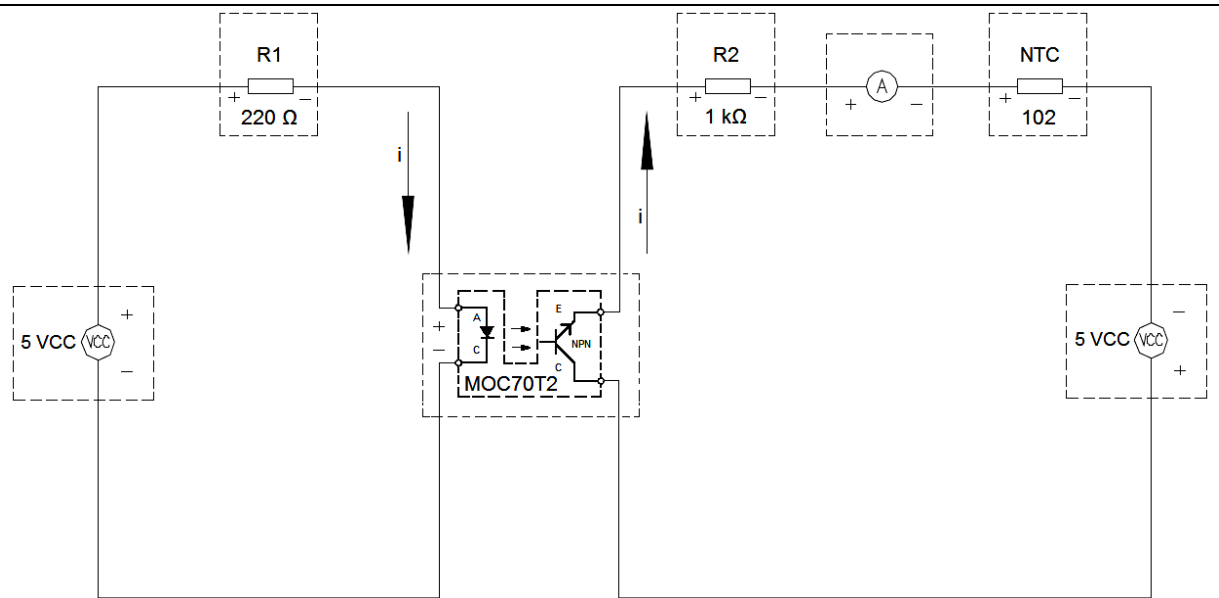
2.2. Atividade prática

Experimentos elaborados: lei de Ohm, curva $I \times V$ de uma resistência, curva $I \times V$ de uma lâmpada incandescente, associação de resistores em série, associação de resistores em paralelo, associação série-paralelo de resistores, primeira lei de Kirchhoff, segunda lei de Kirchhoff, leis de Kirchhoff em circuito misto, teorema de Thévenin, resposta a um degrau de um circuito RC, resposta a um degrau de um circuito RL, funções básicas de uma ponteira de corrente para osciloscópio CA/CC, amplificador operacional inversor, circuitos optoeletrônicos e medição de temperatura com termistor NTC, medição de tensão, corrente e frequência em circuitos de corrente alternada, teorema da superposição, medição do fator de potência em cargas monofásicas, filtro RL em série, medição de indutância e da defasagem tensão/corrente em um indutor, medição da defasagem tensão/corrente em um capacitor, filtro RC em série, impedância indutiva equivalente, impedância capacitiva equivalente, impedância equivalente de circuito série, impedância equivalente de circuito paralelo, impedância equivalente de circuito misto, correção de fator de potência em circuito monofásico, funções básicas de um alicate wattímetro digital, funções básicas de um analisador de qualidade de energia e potência trifásico.

3. RESULTADOS E DICUSÃO

Estão apresentados em detalhes, os roteiros de dois dos experimentos elaborados como atividade prática. O experimento sobre circuitos optoeletrônicos e medição de temperatura com termistor NTC, circuito mostrado na Figura 1, permitiu ao professor explorar conceitos envolvendo a polarização de diodos e o uso transistores. A polarização direta do diodo emissor de luz com o uso do resistor R1 para limitar a corrente elétrica que percorre o circuito que está em série, garante o funcionamento da parte esquerda do interruptor óptico. Observa-

se pelo desenho esquemático que este dispositivo semiconductor (MOC70T2) possui uma fenda por onde o feixe de infravermelho é emitido para um fototransistor do tipo NPN. A fenda, entre o emissor e o detector possibilita a interrupção mecânica do feixe infravermelho. Desta forma a comutação ocorre sem contato elétrico.



Material utilizado: 1 fonte 5VCC; 1 amperímetro; 1 multímetro com termopar; 1 resistor de 220 Ω ;	1 resistor de 1 k Ω ; 1 optoacoplador; 1 termistor NTC; 1 LED vermelho 5 mm;
Circuito optoeletrônico: $v_R = 5 - 0,7$ $v_R = 4,3V$ $i_R = \frac{4,3}{220} = 19,6mA$	Medição de temperatura com termistor NTC: Valor aproximado da corrente no circuito a temperatura ambiente: $5 = 0,7 + 1k i + 1k i$ $i = 2,2mA$ Valor aproximado da corrente no circuito na temperatura máxima: $5 = 0,7 + 1k i + 0k i$ $i = 4,3mA$

É possível substituir o termistor por um LED para verificar o funcionamento do optoacoplador ao se bloquear o sinal entre o diodo e o transistor. O efeito esperado é uma variação na intensidade luminosa do LED incluído no circuito:

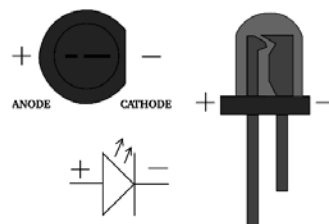


Figura 1: Roteiro do experimento sobre circuito optoeletrônico e medição de temperatura com termistor NTC

Caso o feixe infravermelho não seja interrompido, existirá corrente elétrica no circuito da direita. A tensão positiva de 5VCC aplicada aos terminais do coletor (C) e do emissor (E) do transistor NPN, utilizando o resistor R2, e a polarização da base (B) do transistor, torna possível a medição de um valor de corrente no amperímetro (A).

No termistor NTC a resistência elétrica decresce com o aumento da temperatura, provocando um aumento da corrente no circuito da esquerda. Com o uso de um soprador térmico, um termopar e um multímetro foram realizados ensaios para a identificação da saturação da corrente no circuito. Com a variação da temperatura no NTC, da temperatura ambiente até 200 °C, a corrente variou de 2,5 mA até aproximadamente 4 mA. Reduzindo-se o valor da tensão na fonte da esquerda e realizando novamente o ensaio de temperatura, percebeu-se que o limite de corrente foi obtido antes dos 4 mA. Desta forma foram apresentados conceitos referentes ao sensor de temperatura tipo NTC e questões de proteção e isolamento proporcionados pelo uso de optoacopladores. A polaridade de todos os componentes considerando o sentido convencional da corrente foi indicada para facilitar a compreensão pelo aluno.

Mais um importante conceito foi explorado com o uso deste circuito. Substituindo-se o sensor NTC por um diodo emissor de luz (LED) e mantendo todos os valores de tensão e resistência elétrica originais do projeto, foi possível demonstrar a variação proporcional da intensidade luminosa do LED. Com o circuito energizado, utilizando-se um objeto para bloquear o feixe de infravermelho observou-se a variação gradual de 100 a 0% (LED desligado) da intensidade luminosa do LED. Tal efeito possibilita, por exemplo, o ensino sobre a diferença entre a operação de uma válvula ON/OFF e uma válvula proporcional utilizada no controle da vazão de um fluido.

As seguintes funções de medição do analisador de qualidade de energia e potência trifásico foram utilizadas: (1) Volt/Amps/Hertz; (2) Quedas e Picos - Dips & Swells; (3) Harmônicas; (4) Potência e Energia; (5) Calculadora de Perda de Energia; (6) Desequilíbrio; (7) Irrupção - Inrush; (8) Monitor. Para a transferência de dados registrados fez-se uso do *software* POWER LOG que basicamente apresenta as seguintes telas para cada uma das oito funções utilizadas: tela principal de qualidade de potência, tela de medidor, tela de gráfico de barras, tela do fasor, tela de tendência, tela de eventos. Os equipamentos utilizados nos ensaios foram: um inversor de frequência marca/modelo VACON/0010-1L-0005-2-MACHINERY, 220Vca, 1,5CV/1,1kW, 4,8Aca e motores de indução trifásicos da marca VOGES, 1/3 CV, 220/380Vca, 60 Hz de 2, 4, 6 e 8 polos, ou seja, rotação nominal de 3360, 1680, 1110 e 860 rpm, respectivamente, e um motofreio trifásico modelo MFB 63 A2, 2 polos, 1/3 CV, com freio tipo MFC 63, 220 Vca, 0,08 Aca, monofásico. A Figura 2 mostra um dos esquemas de ligação utilizado nos experimentos com o analisador de qualidade de potência e energia trifásico. A Figura 3 apresenta o roteiro do experimento sobre harmônicas.

Este segundo roteiro possibilita ao professor explorar conceitos sobre eletrotécnica ao se mencionar aspectos de projeto da instalação elétrica necessária para a ligação de motores de corrente contínua e de corrente alternada, monofásicos e trifásicos. A distinção entre os diversos tipos de máquinas elétricas é indispensável para a justificativa do uso de um inversor de frequência. O inversor é necessário para se variar a velocidade de rotação do motor de indução trifásico, utilizado no experimento. Embora a alimentação do inversor, neste caso, seja monofásica, o motor é trifásico e, portanto em um mesmo circuito pode-se ligar o analisador de energia em dois pontos distintos. A ligação no circuito monofásico permite observar a distorção adicionada aos sinais de tensão e corrente elétrica da rede de alimentação

devido à ligação em paralelo do inversor e a ligação no circuito trifásico às vantagens e desvantagens das componentes harmônicas.

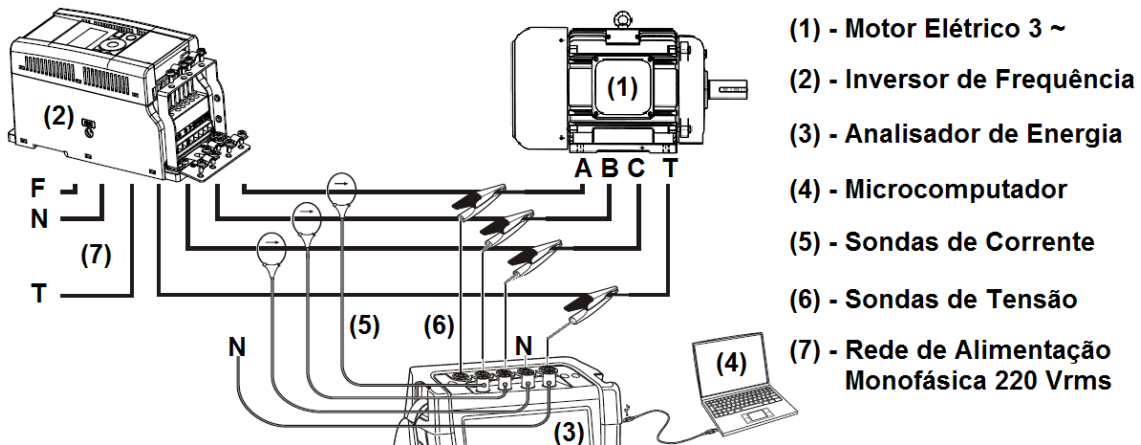


Figura 2: Experimento com o analisador de qualidade de potência e energia trifásico - harmônicas.

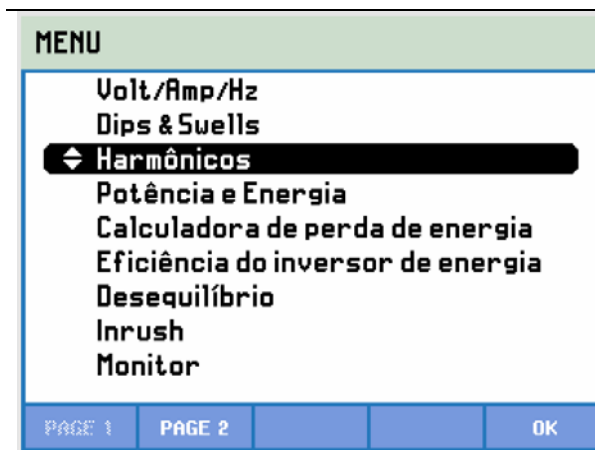


Figura 1 – Menu.

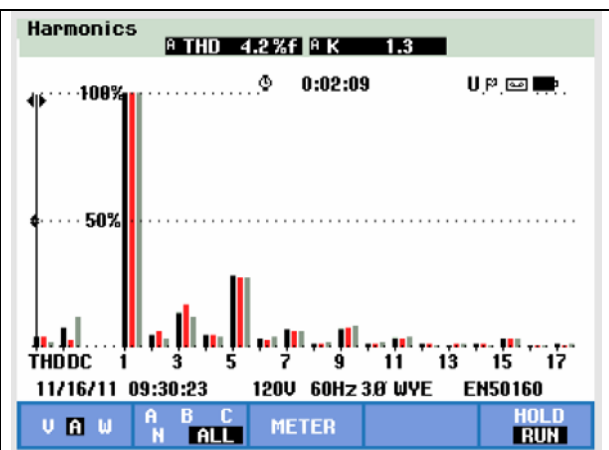


Figura 2 - Tela de gráfico de barras.

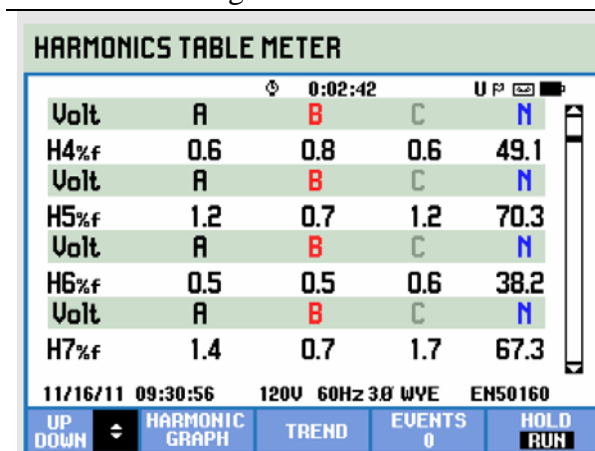


Figura 3 - Tela do medidor.

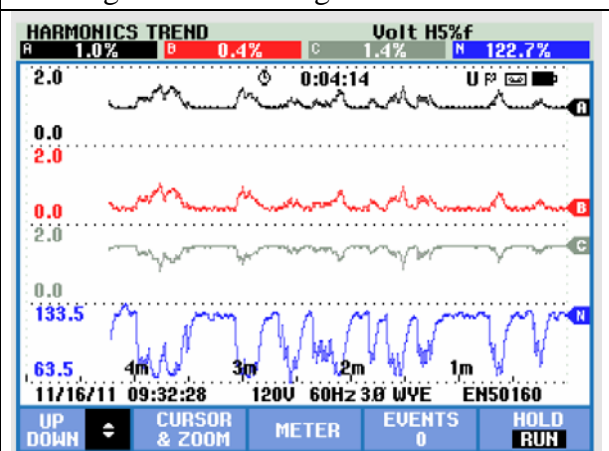


Figura 4 - Tela de tendência.

Material utilizado:

1 analisador de energia marca Fluke modelo 434 série II .

4 sondas de corrente.

5 sondas de tensão (garras tipo jacaré e cabos).

Funções disponíveis na tela do gráfico de barras

F1 Seleção de tipo de harmônicas: tensão, corrente ou potência real (Watt). As harmônicas de potência podem ter polaridade positiva e negativa.

F2 Seleção do conjunto de formas de onda a ser usado: A (L1), B (L2), C (L3), N (neutro) ou ALL (Tudo).

F3 Acesso a tela do medidor (Figura 3).

F5 Alterna entre os modos HOLD (em espera) e RUN (execução) de atualização de tela.

Roteiro (informações gerais): Componente CC, THD (Distorção Harmônica Total) e Fator K. Harmônicas são distorções periódicas de ondas senoidais de tensão, corrente ou potência. Uma forma de onda pode ser considerada uma combinação de várias ondas senoidais de diferentes frequências e magnitudes. É medida a contribuição de cada um destes componentes para todo o sinal. As leituras podem ser fornecidas como percentual do fundamental ou como percentual de todas as harmônicas combinadas ou como um valor RMS. Os resultados podem ser mostrados como: um histograma, uma tela do medidor ou uma exibição de tendência. As harmônicas geralmente são causadas por cargas não lineares como inversores de frequência. Elas podem provocar superaquecimento em transformadores, condutores e motores. A tela do gráfico de barras mostra o percentual de contribuição de cada componente relacionado ao sinal total. Um sinal sem distorção deve mostrar a 1ª harmônica (= a fundamental) com 100%, e as outras com zero. Na prática, isso não ocorrerá porque sempre haverá certa quantidade de distorção resultando em harmônicas mais altas. Uma onda senoidal pura é distorcida quando componentes de frequência mais alta são adicionadas a ela. A distorção é representada pelo percentual de THD. A tela também pode mostrar o percentual da componente CC e do fator K. O fator K é medido para a corrente e a potência e exibido no cabeçalho da tela. É um número que quantifica a sobrecarga potencial nos transformadores devido às componentes harmônicas de corrente. As harmônicas de ordem superior influenciam no fator K mais do que as de ordem inferior. Filtragem: ao medir harmônicas com a função inter-harmônicas desabilitada, usa-se o grupo de harmônicas e ativa-se um filtro de 1,5 s. Ao medir harmônicas com a função inter-harmônicas habilitada, usa-se o subgrupo de harmônicas e o subgrupo central de inter-harmônicas e não se ativa nenhum filtro. Consulte IEC61000-4-7 para obter informações sobre agrupamento. O número da harmônica indica sua frequência: a primeira harmônica é a frequência fundamental (60 ou 50 Hz), a segunda harmônica é a componente com duas vezes a frequência da fundamental (120 ou 100 Hz) etc. A sequência de harmônicas pode ser positiva (+), zero (0) ou negativa (-). As harmônicas de sequência positiva tentam fazer um motor “operar” mais rapidamente do que as fundamentais; as harmônicas de sequência negativa tentam fazer o motor “operar” mais lentamente do que as fundamentais. Em ambos os casos, o motor perde torque e se aquece. As harmônicas desaparecerão se as formas de onda forem simétricas, isto é, igualmente positivas e negativas. As harmônicas de corrente de sequência zero adicionam-se algebricamente ao neutro. Isso pode causar o superaquecimento destes condutores. Distorção: a distorção de corrente deve ser esperada em um sistema com cargas não lineares. Quando a distorção de corrente começa a causar distorção de tensão (THD) de mais de 5%, isso sinaliza um problema em potencial. Fator K: é uma indicação da quantidade de harmônicas de corrente e pode ajudar na seleção de transformadores (use o fator K em conjunto com kVA).

Figura 3: Roteiro do experimento sobre harmônicas.

4. CONCLUSÕES

Dada a importância do assunto abordado e principalmente a manifestação positiva dos alunos sobre a manutenção desta nova formatação da disciplina de Medidas Elétricas, ofertada para os cursos do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas, considera-se que o objetivo foi alcançado com êxito. Além dos alunos regularmente matriculados houve a colaboração de monitores quem efetuaram a validação experimental de cada um dos experimentos, auxiliaram o professor no planejamento das aulas e ajudaram na orientação dos alunos que apresentaram dificuldades de aprendizagem. Tais atividades demandaram uma grande carga horária extraclasse. Após a conclusão do projeto de ensino este grupo de alunos destacou os benefícios do contato direto com a prática e com as dúvidas dos colegas, enfatizando o amadurecimento profissional. As dificuldades encontradas com a propagação de ruídos e a não idealidade dos componentes ativos e passivos foram as maiores surpresas para os alunos.

Como ponto negativo foi relatado à necessidade de uma sólida formação teórica para o entendimento, por exemplo, dos experimentos referentes a filtros. A coleta de dados e de informações sobre o uso correto de geradores de funções e osciloscópios foi um desafio para os iniciantes, porém foram estes quem apresentaram o maior salto de conhecimento. A aproximação do professor com os alunos com estas atividades multidisciplinares foi gratificante do ponto de vista do processo de ensino-aprendizagem.

Agradecimentos

Os autores agradecem CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro. A empresa VOGES MOTORES pela doação dos motores elétricos e a empresa ALTUS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO S.A. pela doação do inversor de frequência.

5. REFERÊNCIAS

- ALBERTAZZI, Armando; SOUSA, André R. de. Fundamentos de metrologia científica e industrial, Manole, 2008, 424 p.
- BARANIUK, J. A. **Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Elétrica, Laboratório de Engenharia Elétrica V - Apostilas e Manuais.** Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/~james/Laboratorio%20V/principal.html>>. Acesso em: 07 maio 2014.
- CONSUNI da Fundação Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC. **RESOLUÇÃO Nº 016/2008.** Disponível em: <<http://www.secon.udesc.br/consuni/resol/2008/016-2008-cni.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2014.
- DOU - DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, Brasília, 9 de abril de 2002. Seção 1, p. 32. **RESOLUÇÃO CNE/CES 11/2002.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2014.
- GUSSOW, Milton, Eletricidade básica, 2ª Edição, Makron Books, 2009, 571p.
- MACEDO, V. G. **Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia Elétrica e Computação, Circuitos Elétricos II.** Disponível em: <<http://laps.ufpa.br/valquiria/>>. Acesso em: 07 maio 2014.
- MEDEIROS FILHO, Solon. Fundamentos de medidas elétricas, 2ª Edição, Guanabara, 1981.



MEDEIROS FILHO, Solon. Medição de energia elétrica, 3ª Edição, Guanabara, 1986.
PUC GOIÁS, Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Matriz Curricular 2007/01, Programa de disciplinas, Disciplina de Medidas Elétricas. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prograd/graduacao/ArquivosUpload/41/file/engenharia%20elettrica/5%C2%BA%20periodo/ENG%203500.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2014.
UNESP, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Disciplinas, Laboratório de Eletrotécnica. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/#!/departamentos/engenharia-eletrica/disciplinas/laboratorio-de-eletrotecnica/>>. Acesso em: 07 maio 2014.

LABORATORY PRACTICES IN TEACHING OF ELECTRICAL CIRCUITS

Abstract: *A theoretical and practical articulation and integration of knowledge is also giving in the disciplines of laboratory, where activities are naturally interdisciplinary. The teacher responsible for the discipline of Electrical Measurements (MED), offered for courses in Control Engineering and Automation (ECA) and Electronic Engineering (EE) of the Federal University of Pelotas (UFPel), identified the need for a different format for this discipline. The focus in the experimental part (practice) allows the student discover by his own convictions (experience) the differences between theory and practice. In 2011/02 the discipline of MED was to focus on the relationship between the measurement of electrical quantities and measurement of physical quantities by means of sensors, without carrying out practical activities. What apparently did not aroused in students the desire for learning. After an extensive literature search, we considered the possibility of conducting experiments on electrical circuits. With certain frequency was reported by beginners in electricity the difficulty understanding what they are and how they present the branches, nodes and meshes in electrical circuits. Furthermore, the use of rounding rules and performing calculations using different units was still a challenge for learning in the early grades. The junction of fundamentals metrology scientific and industrial with experiments involving electrical circuits, based on knowledge acquired by students in previous theoretical discipline, strengthened the discipline of MED making it interesting and indispensable.*

Key-words: *Measurement, Circuits, Electrical*