



MATERIAIS ELÉTRICOS: IMPLANTAÇÃO DO ASPECTO EXPERIMENTAL NA DISCIPLINA

André Carlos Schmidt¹ – andrecschmidt@hotmail.com

Cleber Carlos da Cunha¹ – cleberson_3c@hotmail.com

Adriano Oliveira Pires¹ – oliveira.pires@gmail.com

Denis Silva Oliveira¹ – dns.oliv@gmail.com

¹Programa de Educação Tutorial – Engenharia Elétrica

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Centro de Ciências Tecnológicas - Departamento de Engenharia Elétrica

Campus Universitário Prof. Avelino Marcante s/n - Bairro Bom Retiro

CEP 89223-100 - Joinville - SC

Resumo: *O objetivo deste trabalho é apresentar a implantação do caráter experimental na disciplina de materiais elétricos do curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. São discutidos: o processo de concepção do projeto na universidade, bem como o apoio institucional provido pela IES; as motivações da realização da atividade; a criação do espaço físico para um laboratório que propicie a experimentação, ensaio e operação de diversos materiais no âmbito da disciplina; a elaboração dos experimentos e as primeiras experiências no laboratório.*

Palavras-chave: *Materiais Elétricos, Programa de Educação Tutorial, Prática Experimental, Engenharia Elétrica*

1 INTRODUÇÃO

Na matriz curricular de um curso de engenharia elétrica a disciplina de Materiais Elétricos (MEL) tem importante papel no sentido de estreitar o contato do futuro engenheiro com os materiais que farão parte do seu cotidiano, conhecendo suas principais propriedades, funcionalidade e aplicações. No entanto a assimilação dos conteúdos quando estes têm abordagem meramente teórica podem delimitar a compreensão dos alunos devido as limitações na capacidade de abstração de cada um.

Na disciplina de MEL, ministrada desde a criação do curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica na Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC no Centro de Ciências Tecnológicas – CCT, em 1972, sempre foi prevista uma carga horária prática de 15h. No entanto este tempo era usado para visitas a laboratórios e oficinas ligadas às áreas de desenvolvimento, manutenção e testes em sistemas e equipamentos elétricos de grandes empresas nacionais. Embora a visita proporcione a visualização dos procedimentos, ela não deve ter o mesmo peso que a experimentação feita pelos próprios acadêmicos, pois mesmo num currículo onde predomina o aspecto teórico/científico é essencial a promoção de atividades que possibilitem a interface teoria-prática (KENT & CARD, 1961).

Considerando a premente necessidade da criação de uma infraestrutura que atendesse minimamente as exigências práticas da disciplina, o Grupo PET Engenharia Elétrica - UDESC se propôs a desenvolver o aspecto prático da disciplina trabalhando



na criação da infraestrutura e na elaboração dos roteiros experimentais, bem como na viabilização dos recursos financeiros. A idéia surgiu por quatro motivos: (i) A carência de aspectos práticos fundamentais à formação de um engenheiro eletricitista; (ii) A falta de motivação dos acadêmicos em cursarem uma disciplina que abordava apenas conteúdo teórico quando havia carga horária para aplicações práticas; (iii) A nova grade curricular do curso que entrou em vigência em 2008 e que prevê um aumento de 20% da carga horária da disciplina (iv) e proposta do Programa de Educação Tutorial (BRASIL, 2005) alinhada com o objetivo do PET de promover melhorias efetivas no curso de graduação.

Dessa forma propõe-se a implantação do aspecto experimental na disciplina de Materiais Elétricos que fundamenta-se na necessidade de suprir conhecimentos indispensáveis à mesma, através da experimentação, ensaio e operação de diversos materiais, por intermédio de práticas laboratoriais que permitam a visualização de suas propriedades e os seus princípios funcionais. Através desta prática é possível quantificar as variáveis e os princípios operacionais dos materiais avaliando as propriedades elétricas, químicas, mecânicas, térmicas e óticas.

2 PREPARAÇÃO DO PROJETO

A proposta inicial do projeto foi elaborada e submetida à Universidade no edital de chamada institucional nr. 01/2008 e nr. 01/2009 do Programa de Apoio ao Ensino de Graduação – PRAPEG que tem por objetivo financiar projetos que visem a melhoria qualitativa do ensino de graduação. Foi contemplado no primeiro com recursos no valor de R\$4.890,00 e no segundo com R\$4.220,00. Além de ter sido beneficiado com a disponibilização de materiais no valor aproximado de R\$ 5.000,00 pelo departamento de Engenharia Elétrica.

Foi solicitada a compra dos seguintes materiais para comporem o laboratório:

2	Osciloscópios	2	Cubas de Vidro *
2	Geradores de Função	4	Cubas Eletrolíticas*
2	Multímetros Digitais	2	Kits de Fibras Óticas*
1	Microscópio Digital*	2	Bancadas
2	Cronômetros Digitais*	1	Armário
2	Painéis Fotovoltaicos*	10	Cadeiras
2	Geradores de Função		

Além disso, foi disponibilizada pelo departamento de Engenharia Elétrica (DEE), para criação do laboratório, uma sala de dimensões de 3,45m x 4,25m.

3 INFRAESTRUTURA

A fase de reestruturação física da sala que viria a comportar o Laboratório de Materiais Elétricos ocorreu no primeiro semestre de 2009.



Figura 01 – Sala disponibilizada pelo DEE no início das atividades

Na etapa inicial deste trabalho foram adequadas, pelos quatro integrantes do projeto com supervisão do chefe do departamento e auxílio do Centro Acadêmico Democrático de Engenharia Elétrica (CADEE), duas bancadas e também um quadro branco para uso do professor durante as aulas experimentais. As bancadas foram confeccionadas acoplando uma régua de tomadas com fiação e disjuntores dimensionados para uma corrente de até 15 A.

Devido à limitação de espaço físico, o laboratório suporta até 10 alunos. O que não caracteriza um problema, pois a divisão das turmas prevê esse cenário.



Figura 02 – Sala equipada e pronta para utilização

Em virtude do pouco espaço disponível na sala toda a sua estrutura foi planejada com intuito de melhor aproveitamento do ambiente de forma a garantir o conforto e segurança dos alunos.

4 ELABORAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Quando se pensa na experimentação em disciplinas de engenharia, são comumente vistas apenas constatações práticas de aspectos peculiares acerca dos temas abordados na teoria. Os experimentos apresentados nesta seção se propõem a ir além disso, mostrando aos graduandos aspectos práticos bastante relevantes que fazem uso da teoria vista em aula.



Atualmente a disciplina de MEL ministrada no Centro de Ciências Tecnológicas – CCT Joinville tem como objetivo capacitar alunos para que estejam aptos a classificar os materiais utilizados em diversas aplicações relacionadas principalmente à Engenharia Elétrica, reconhecer princípios operacionais, conhecer aplicações práticas em dispositivos eletro-eletrônicos, fazer uso dos materiais elétricos considerando suas propriedades, o ambiente de trabalho, os impactos ambientais e sociais, e a sua viabilidade econômica. A ementa da disciplina é composta da seguinte maneira: propriedades gerais, energias eletrônicas, condutividade elétrica, materiais condutores, resistividade, comportamento magnético, materiais magnéticos e ferromagnéticos, supercondutores, dielétricos, materiais isolantes, propriedades mecânicas de materiais elétricos, ensaios (ANDRADE, 2010).

Nesta seção são apresentados quatro experimentos desenvolvidos e testados pelos integrantes do projeto e posteriormente ensaiados pela turma de Materiais Elétricos do semestre 2010/1 do curso de Engenharia Elétrica da UDESC. São citados também outros três experimentos propostos, mas ainda não realizados.

4.1. Identificação e Caracterização de Termopares

Os termopares são os sensores de temperatura mais utilizados em aplicações industriais, tanto pela sua robustez quanto pela simplicidade de operação. Entretanto, para que as medições de temperatura com termopares sejam significativas, é necessário conhecer não somente os princípios básicos de operação, mas também as condições que o usuário deve proporcionar para que esses princípios sejam válidos (NICHOLAS & WHITE, 1994).



Figura 03 – Aparato experimental utilizado nos experimentos 4.1 e 4.2

O objetivo geral desse experimento é conhecer os princípios de funcionamento dos termopares, identificar e reconhecer os diferentes tipos e extrair a curva da tensão em função da temperatura. O experimento é proposto visando complementar o que é visto durante o estudo de propriedades gerais e condutividade elétrica dos materiais, mais especificamente as propriedades térmicas. O mesmo envolve a teoria aprendida, ao



mesmo tempo em que possibilita compreender o funcionamento de um tipo de sensor amplamente utilizado em aplicações industriais.

O experimento faz uso de um forno com temperatura ajustável (Figura 03) para que sejam levantadas as curvas experimentais de dois diferentes tipos de termopares. Com isso é possível consultar os catálogos e comparar com a curva fornecida pelo fabricante. Para complementar, são solicitados valores de tensão em temperaturas que extrapolam a curva obtida, incentivando a utilização do *software MATLAB*[®] para obtenção dos mesmos. Salienta-se que tal incentivo parte do pressuposto de que o *software* é amplamente utilizado durante a graduação e possui recursos para diversos tipos de simulações, extrapolações e análise de dados.

4.2. Resistividade de Materiais Condutores

A resistência elétrica, correlacionando correntes que circulam sob um potencial aplicado, serve indiretamente para medida da quantidade de energia absorvida por imperfeições cristalinas e outros fatores. Quando se aumenta lentamente a temperatura, as partículas vibram interferindo nos movimentos dos elétrons. Tal vibração causa perdas nos deslocamentos dos elétrons e consequentemente dificulta a passagem de corrente pelo condutor (SCHMIDT, 1983). Sabendo deste efeito, é de fundamental interesse conhecer as curvas características de resistência em função da temperatura, principalmente para algumas aplicações específicas como, por exemplo, instrumentação eletrônica, ou ambiente de trabalho em altas temperaturas.

Este experimento visa avaliar o comportamento da resistividade do material, e sabendo previamente as suas dimensões traçar a curva de variação da resistência em função da temperatura. Além disso, o conhecimento do coeficiente α e do material (SCHMIDT, 1983) permite comparar a curva traçada com o modelo teórico previsto para o condutor.

O experimento vai ao encontro do tema resistividade e materiais condutores que são abordados no decorrer das aulas teóricas. Outro aspecto interessante é o fato de o material utilizado - liga de níquel-cromo - para o levantamento da curva ser protagonista na fabricação de resistências.

A temperatura da liga é alterada a partir de um forno controlado por tensão. Aumentando-se gradativamente a temperatura é possível amostrar os valores de resistência e obter a curva desejada. Em consonância com a teoria apresentada, pede-se para fazer a análise da curva e avaliar as possíveis aplicações do material, levando em conta as peculiaridades observadas.

4.3. Análise da Permissividade Elétrica de Materiais Dielétricos

A permissividade elétrica de um dado meio é a propriedade física que relaciona a maneira como um campo elétrico interage com este meio, ou a maneira que o meio se polariza em função de um campo elétrico.

Esta propriedade elétrica é amplamente utilizada na modelagem de alguns estudos, principalmente no eletromagnetismo aplicado. A permissividade pode variar muito dependendo do tipo de material e da frequência.



Não existe nenhum aparato na universidade que meça diretamente o valor de permissividade de uma dada amostra. Sabendo disto foi preciso desenvolver uma modelagem utilizando-se de alguns conceitos básicos de física e de análise de circuitos. A foto da fig. 4 mostra os instrumentos utilizados na montagem.

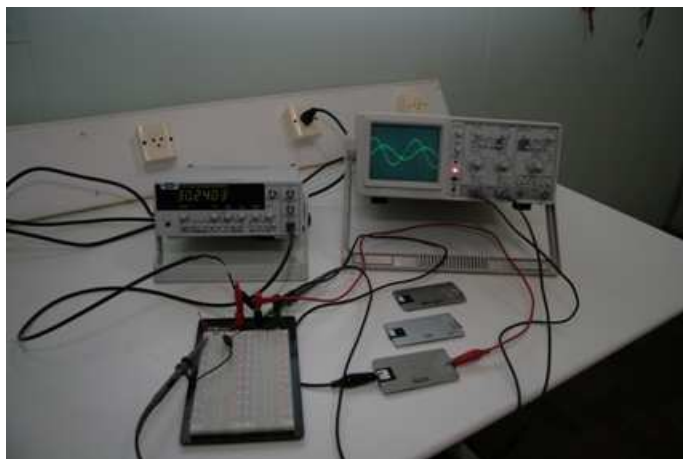


Figura 04 – Experimento para a avaliação da permissividade.

Com a ajuda de um osciloscópio e um gerador de sinais é possível montar um circuito série e obter os valores de tensão e corrente no capacitor para a partir disso encontrar a capacitância associada a este componente de placas paralelas projetado especificamente para o experimento. De posse destas informações é possível obter experimentalmente o valor desejado de permissividade de cada um dos materiais que preenche o capacitor acima descrito.

Este experimento tem como objetivo principal fazer com que o estudante tenha um primeiro contato experimental com materiais dielétricos e uma de suas aplicações mais interessantes para a engenharia: construção de componentes para aplicações eletromagnéticas, além de fazê-lo pensar sobre como essa propriedade do meio material influencia o comportamento de outras grandezas físicas.

4.4. Análise da composição de capacitores comerciais

Ao longo do curso de Engenharia Elétrica, os alunos lidam com diversos tipos de componentes elétricos, mas em nenhum momento se discute sobre a existência de diferentes tipos de capacitores, por exemplo. Esta é uma das lacunas que este experimento tenta preencher.

Semelhante ao que consta sessão 4.3, este estudo experimental utiliza conceitos básicos de física e teoria de circuitos. Mas apresenta-se muito mais informativo do que o supracitado, apresentando ao aluno uma bibliografia básica sobre a composição e aspectos de construção de três tipos típicos de capacitores: cerâmicos, eletrolíticos e de poliéster.

Os equipamentos necessários para a realização desta atividade são facilmente encontrados nos laboratórios da universidade. Para o experimento é necessário apenas um gerador de sinais, um osciloscópio e um capacitor de cada tipo que se quer analisar.



A proposta é que o aluno faça as mesmas variações de frequência para os componentes analisados e obtenha os valores de tensão e corrente nos mesmos.

Ao término da experiência espera-se que o estudante tenha a capacidade de relacionar a teoria e a prática, classificando o melhor tipo de capacitor para uma dada aplicação e também pensando na influência que os materiais utilizados na fabricação do componente tem no seu comportamento.

4.5. Experimentos Propostos

Dentro do contexto da ementa do componente curricular, ainda existem outras tantas possibilidades a serem exploradas com caráter experimental. Porém não foi possível executar todos os experimentos já propostos pela equipe que realizou a implantação do laboratório.

Ficaram propostos ainda os seguintes experimentos: "Materiais Ferromagnéticos", "Caracterização de indutores", "Caracterização de Resistores", e "Materiais Condutores e Isolantes". Estes já possuem um roteiro com a descrição da prática a ser realizada, e sua execução depende de alguns testes e ajustes decorrentes e da disponibilidade dos materiais necessários.

4.5. Principais Dificuldades Encontradas

É bastante complexo implementar um laboratório para experimentos para engenharia, principalmente quando os elaboradores dos mesmos não são especialistas na área em questão. No caso de materiais elétricos não foi diferente e alguns problemas foram bastante fáceis de identificar. A saber: (i) Baixa quantidade de algarismos significativos dos instrumentos de medição; (ii) baixa precisão dos equipamentos dos equipamentos utilizados; (iii) difícil acesso a alguns materiais desejados; (iv) ausência de equipamentos específicos para ensaios mais aprimorados.

Foi possível minimizar as dificuldades no decorrer do período de realização de cada ensaio. As soluções encontradas geralmente se valeram da experiência adquirida durante a realização da prática e contou com grande ajuda de outros laboratórios do departamento que gentilmente emprestaram seus instrumentos de medição e também da troca de alguns materiais supostamente adequados no princípio.

Aplicando estas soluções, foi possível obter resultados consistentes e teoricamente corretos para todos os experimentos já realizados.

5. RESULTADOS OBTIDOS

Os experimentos foram reproduzidos por quatro turmas diferentes, contendo uma média de oito alunos por turma. Cada turma tinha um cronograma próprio para as aulas práticas. Destaca-se que duas turmas reproduziam o experimento numa semana e outras duas na semana seguinte.



Em acordo com o professor da disciplina, a realização dos experimentos e o relatório sobre o experimento teve peso avaliativo de 15% na média final do acadêmico. Para cada experimento foi proposto a coleta de dados e algumas reflexões sobre os resultados obtidos, além de eventuais análises após cálculos efetuados por um *software* auxiliar, como citado na seção 4.

No término do semestre de 2010/01 após as turmas terem desenvolvido quatro experimentos realizou-se uma pesquisa com os mesmos para podermos avaliar a relevância do laboratório no contexto da disciplina, além de avaliar os experimentos. Ao todo 28 de 33 alunos responderam o questionário que continham os seguintes itens a serem avaliados:

- 1) Contribuição do laboratório na disciplina teórica.
- 2) Absorção de conhecimentos a partir dos experimentos.
- 3) Dificuldade em realizar os experimentos.
- 4) Dificuldade em realizar os relatórios e questionários propostos.

Na figura 05 observamos os resultados das avaliações. A partir dela concluímos que a inserção do aspecto experimental na disciplina teve bastante aceitação pelos acadêmicos, onde cerca de 80% consideraram que de alguma forma a prática tenha contribuído na assimilação da teoria. Cerca de 86% indicou que adquiriu algum conhecimento novo na realização dos experimentos, o que nos indica que o laboratório além de dar apoio à disciplina também complementa seu conteúdo.

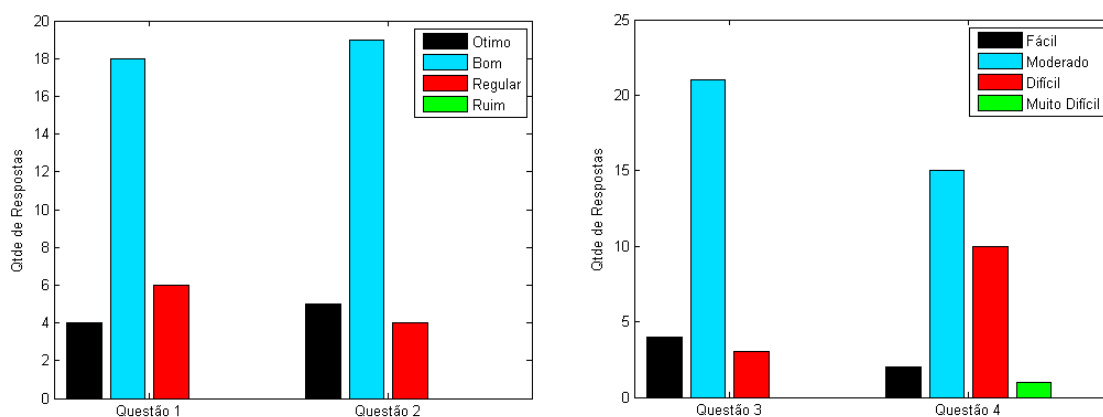


Figura 05 – Gráfico com a visualização estatística das respostas.

No mesmo formulário de avaliação foi solicitado que os acadêmicos, se julgassem pertinente, fizessem observações acerca do laboratório e dos experimentos. Apenas quatro se manifestaram sendo que três deles solicitaram maior quantidade de experimentos, inclusive citando o tópico a ser abordado. Além disso foi colocado que os experimentos foram bem válidos, pois até a fase corrente os acadêmicos não haviam tido contato com nada parecido.



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se na realização desta atividade o papel de protagonista exercido pelos acadêmicos envolvidos na mesma, visto que estes os propõem, planejam e executaram todas as atividades citadas sob a supervisão de um professor coordenador do projeto que embora muito solícitamente tenha se prestado à auxílios de caráter mais institucional e burocrático, não pôde auxiliar no aspecto mais técnico do projeto, por não se tratar de sua área de conhecimento. A universidade, hoje, não conta com um professor especialista na área, e sim, apenas um colaborador temporário que ministra a disciplina teórica e aceitou realizar os experimentos propostos.

A ação dos acadêmicos idealizadores é fruto da filosofia e objetivos do Programa de Educação Tutorial (PET) que busca modificar e ampliar a perspectiva educacional da comunidade acadêmica através de uma interação dinâmica com o projeto pedagógico do curso. Com isto pretende promover uma formação ampla e de qualidade a todos no âmbito do curso de Engenharia Elétrica. No caso desta atividade a melhoria efetiva realizada trouxe benefícios a todos os envolvidos, além de servir como elemento motivador, conforme a pesquisa apresentada na seção 5, à permanência na disciplina que até então se apresentava puramente teórica.

Destaca-se, também, que muito embora o apoio da universidade no desenvolvimento da atividade tenha sido irrestrito, os trâmites burocráticos inerentes a esta instituição trouxeram empecilhos ao aspecto financeiro do projeto, visto que alguns equipamentos solicitados (Itens da seção 2 destacados com *) tiveram disponibilização de verba pela IES, mas não foram adquiridos em virtude de não haverem empresas dispostas a efetuar um lance adequado para venda dos produtos.

Percebe-se que, de acordo com a ementa, existem diversos conteúdos a serem abordados num aspecto prático e fazer destes novos experimentos. Conforme citado, já foram propostos oito experimentos, sendo quatro realizados com sucesso pelos acadêmicos. Assim, como trabalhos futuros, planeja-se a inserção dos demais experimentos propostos na disciplina, devidamente validados. Propõe-se ainda a introdução de outros experimentos que porventura venham a ser concebidos no decorrer das atividades.

O resultado apresentado aqui é apenas parte do que acadêmicos engajados na melhoria do ensino de graduação, seja por ações continuadas ou isoladas, podem fazer pela universidade. Espera-se que existam mais iniciativas como tal e que as universidades saibam dar o devido respaldo a estes que buscam um processo mútuo de aperfeiçoamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem, primeiramente, ao MEC/SeSU pelas bolsas e manutenção do Programa de Educação Tutorial – PET. À universidade do Estado de Santa Catarina por apoiar a ação, aos professores Marcos Fergütz e Fabiano Ferreira Andrade pelo suporte quando solicitados, ao CADEE pela ajuda prestada e ao professor Antônio Flávio Licarião Nogueira pela revisão e correções no texto.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KENT, G.; CARD, W.H. An Experiment in Laboratory Education. **Education, IRE Transactions on** , v. 4, June, 1961. p. 62-66

BRASIL. Portaria nº 3.385, de 29 de setembro de 2005. Dispõe sobre o Programa de Educação Tutorial - PET. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, v. 134, n. 248, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 27834-27841.

ANDRADE, F. F. **Plano de ensino da disciplina de Materiais Elétricos**. Disponível em:
<http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/fabiano/arquivos/MEL_planoensino.pdf> Acesso em: 10 mai. 2010.

NICHOLAS, J.V.; WHITE, D.R. **Traceable Temperatures**. v. 358,, p. John Wiley & Sons Ltd., Inglaterra, 1994.

SCHMIDT, W. **Materiais Elétricos: Condutores e Semicondutores**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 1983, p. 27-28.

ELECTRICAL MATERIALS: IMPLANTATION OF EXPERIMENTAL ASPECT IN THE SUBJECT

Abstract: *The objective of this work is to present the implementation of experimental aspects of electrical materials's subject in the course of Electric Engineering at Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. The discussion involves: the conception of the project at the university, the institution's support; the motivation to develop the project; the physical space of the laboratory, as well as the concerning apparatus; test and use of different materials studied on the course; the making off of the experiments and the first tests in the laboratory*

Key-words: *Electrical materials, Tutorial Education Program (PET), Electrical Engineering, Experimental practices*