

EXPERIMENTOS COMPLEMENTARES A DISCIPLINA DE MATERIAIS ELÉTRICOS

Ronny Knoch Gieseler¹ - Ronnygk@gmail.com

Leonardo Salas Maldonado² - Leonardo_salas@ig.com.br

¹Grupo PET Engenharia Elétrica

²Professor da Disciplina de Materiais Elétricos

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 89219-710 - Joinville – SC

Resumo: *Este trabalho apresenta um aprimoramento do caráter experimental na disciplina de materiais elétricos do curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. São discutidas as motivações da realização da atividade, as características da disciplina de materiais elétricos, os ensaios e operações de diversos materiais no âmbito da disciplina e a elaboração de novos experimentos que sejam mais atrativos aos alunos.*

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

1 INTRODUÇÃO

Na grade curricular dos cursos de engenharia elétrica, a disciplina de Materiais Elétricos (MEL-0001) tem destaque por propiciar aos acadêmicos um contato, que é muitas vezes o primeiro, com os materiais que farão parte do seu cotidiano profissional, conhecendo assim suas funcionalidade e aplicações (SCHMIDT, 2010).

Em 2010 foi implementado na UDESC um laboratório de MEL para auxiliar os acadêmicos no aprendizado dos conteúdos da disciplina, uma vez que matérias puramente teóricas não estimulam o aprendizado dos estudantes e acabam limitando o conhecimento adquirido. O laboratório já contava com alguns poucos experimentos que propiciassem um primeiro contato aos acadêmicos com os materiais utilizados na engenharia elétrica, deste modo à motivação do trabalho foi à criação de novos experimentos que vão de encontro às expectativas e interesses dos acadêmicos do curso, tornando assim as aulas mais interessantes e atrativas. Para minimizar a dificuldade de aprendizado, também foram elaborados alguns experimentos simples que comprovam o funcionamento de diferentes matérias, mostrando seus fenômenos físicos e químicos já na sala de aula, retirando dessa forma, um pouco da abstração sobre os assuntos tratados.

2 DISCIPLINA DE MATERIAIS ELÉTRICOS

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 eletroeletrônicos, fazer uso dos materiais elétricos considerando suas propriedades, o ambiente de trabalho, os impactos ambientais, sociais e a sua viabilidade econômica. A ementa da disciplina é composta da seguinte maneira: Estrutura Atômica dos Sólidos Cristalinos, Estruturas e Propriedades das Cerâmicas e Polímeros, Corrosão e Degradação dos Materiais, Materiais Condutores, Materiais Semicondutores, Materiais Dielétricos, Propriedades Gerais dos Materiais, Questões Econômicas, Ambientais e Sociais na Engenharia de Materiais (MALDONADO, 2011).

O laboratório contém atualmente apenas três experimentos, sendo eles: *Identificação e Caracterização de Termopares*, *Resistividade de Materiais Condutores* e *Análise da Composição de Capacitores Comerciais*. Como o laboratório não consegue abordar todos os temas tratados na disciplina, devido a sua pequena carga horária, decidiu-se demonstrar as características de alguns materiais já em sala de aula, enquanto que experimentos que necessitam mais da interação do estudante foram desenvolvidos para o laboratório. Nesta seção são apresentados 6 (seis) experimentos desenvolvidos, 4 (quatro) destes experimentos foram apresentados somente em sala de aula, servindo de demonstração dos conceitos aprendidos e tornando as aulas mais interessantes e didáticas.

3 NOVOS EXPERIMENTOS DE LABORATÓRIO

No âmbito de criar novos experimentos que vão de encontro às expectativas dos acadêmicos, foram estudados e projetados, a princípio, dois experimentos, a saber: *Análise da permissividade de materiais*; *Materiais Ferro-magnético*.

3.1 Analise da permissividade de materiais

A Permissividade Elétrica (representada normalmente pela letra grega ϵ) de um meio é uma constante física que relaciona a maneira como um campo elétrico interage com este meio. Ou ainda, a capacidade que um meio tem de se polarizar em função de um dado campo.

Esta propriedade do meio só pode ser analisada indiretamente. Uma das maneiras simples de fazer esta análise é associar a propriedade a um elemento de circuito que funcione baseado principalmente em campo elétrico: um capacitor.

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.

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d} \quad (1)$$

$$C = \frac{ic}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot Vc} \quad (2)$$

Para comprovar essa teoria, um sistema para medição da permissividade foi criado segundo a figura 1, tomando-se a equação (1) é possível ver que quanto maior a área do capacitor e quanto menor a distância entre as placas, maior será a capacitância, e desta forma melhores medidas serão obtidas.

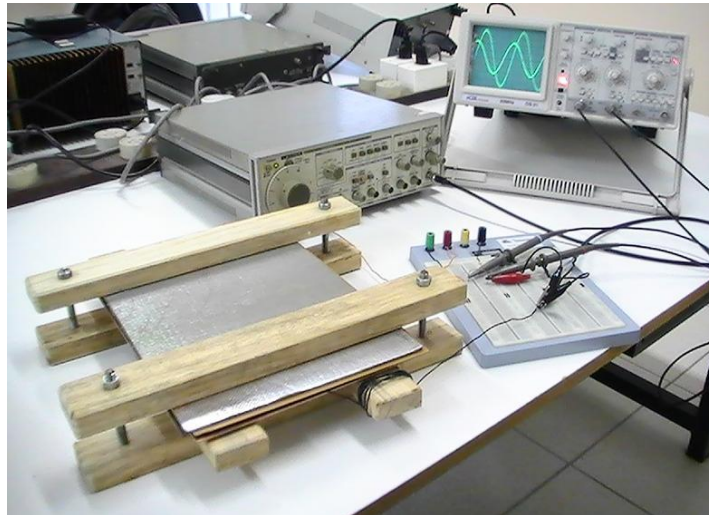


Figura 1 - Análise da permissividade através de um capacitor

O sistema pode ter o material que funciona como dielétrico substituído, o que facilita a análise de vários tipos de materiais sem a necessidade de se construir outro aparato experimental.

Este experimento tem como objetivo principal fazer com que o estudante tenha um primeiro contato com materiais dielétricos, entender como funciona a construção de componentes para aplicações eletromagnéticas, principalmente de capacitores, além de fazê-lo pensar sobre como essa propriedade influencia o comportamento de outras grandezas, tais como corrente e tensão. Esse experimento havia sido trabalhado no início do laboratório, mas pelo fato das dimensões do aparato serem muito pequenas, o experimento não teve o resultado esperado.

3.2 Análise de transformadores

Este experimento tem o objetivo de mostrar aos acadêmicos os princípios de funcionamento de um transformador; fazer com que o acadêmico seja capaz de reconhecer a distribuição das linhas de força no entreferro por meio de pó de ferro disperso sobre o transformador; como a dispersão do fluxo magnético influencia no funcionamento dos transformadores retirando-se uma parte do entreferro; e, por fim, apresentar uma análise do número de espiras em um transformador. O experimento gera conclusões a partir da equação de relação de espiras abaixo.

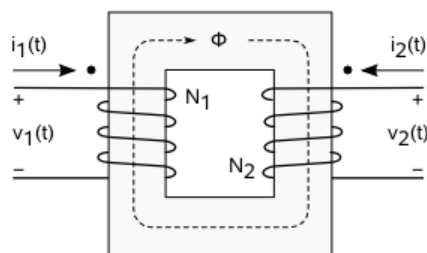


Figura 2. Representação de um transformador

$$\frac{V1(t)}{V2(t)} = \frac{N1}{N2} \quad (3)$$

Esta equação foi obtida admitindo-se que o fluxo magnético Φ que atravessa os dois barramentos é igual, mas quando uma parte do entreferro é retirada o fluxo magnético Φ que atravessa o primeiro barramento é maior que o fluxo que atravessa o segundo, sendo assim a tensão no barramento secundário será diferente da esperada idealmente.

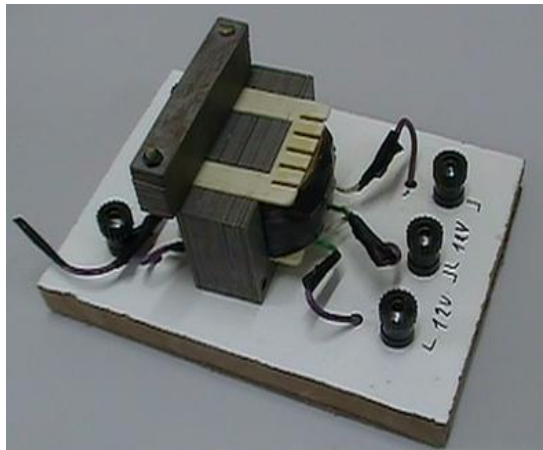


Figura 3. Transformador com entreferro removível

Em um segundo momento os alunos tiveram que inserir um número determinado de espiras no barramento secundário, pois desta forma os valores de $V1(t)$, $V2(t)$ e $N2$ seriam conhecidos, determinando assim o número de enrolamentos do barramento primário e, após uma segunda análise, o do secundário.

4 EXPERIMENTOS PARA SALA DE AULA

É de grande importância que os acadêmicos ingressantes no mercado de trabalho possam ser capazes de inovar no meio da engenharia elétrica, principalmente nas formas de geração de energia elétrica para, desta forma, criar meios menos poluentes e economicamente viáveis de geração. Por este motivo vários experimentos sobre geração de energia foram propostos e desenvolvidos, fazendo com que os acadêmicos possam entender melhor o funcionamento dos sistemas de geração atuais e possam explorar a inovação em novas tecnologias.

Estes experimentos têm também o objetivo de motivar os estudantes, mostrando os materiais e suas características estruturais e físicas já na sala de aula. Por este motivo os experimentos devem ser rápidos e sucintos de modo a se encaixar no programa da disciplina.

4.1 Características de cristais

Este experimento tem o objetivo de mostrar as diferentes características dos cristais de quartzo dependendo do tipo de corte realizado no cristal puro e comprovar o efeito dual nos mesmos (CURIE, 1880), ou seja, uma tensão é produzida quando o cristal é pressionado e uma deformação mecânica ocorre quando uma tensão é aplicada.

Dois cristais foram levados para a sala de aula, o primeiro, retirado de um isqueiro comum, apresenta características pizoelétricas mais determinantes. Um segundo cristal, retirado de circuitos sonoros, apresenta características de cristal oscilador, emitindo um som ao ser aplicada uma tensão senoidal. Desta forma foi possível comprovar o efeito anisotrópico

do cristal de quartzo e auxiliar os estudantes a compreender o assunto, tornando a aula menos teórica e mais interessante.

4.2 Corrosão de metais.

Quando dois materiais que possuem potenciais elétricos distintos são colocados juntos ocorre o efeito de corrosão (FONTINHA, 2007), isso ocorre porque um dos materiais tem mais facilidade em perder elétrons do que o outro.

Para comprovar esse fenômeno e mostrar aos acadêmicos as consequências da união de materiais com potenciais elétricos muito distintos, foi realizado um experimento em que uma barra de cobre e um clipe de aço niquelado sólidos são colocados em um copo de água sendo então medida a diferença de potencial entre eles. Devido ao cobre ter mais facilidade em receber elétrons do que o aço, uma tensão foi medida entre os terminais de um multímetro. A diferença de potencial foi aproximadamente a diferenças dos potenciais de cada material, tomando o hidrogênio como referencial, tem-se a tabela abaixo.

Tabela 1. Potencial dos materiais

Reação no eletrodo	Potencial (V)
$\text{Au}^{3+} + 3e^{-} \longrightarrow \text{Au}$	+1.420
$\text{O}_2 + 4\text{H}^{+} + 4e^{-} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1.229
$\text{Pt}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Pt}$	~+1.2
$\text{Ag}^{+} + e^{-} \longrightarrow \text{Ag}$	+0.800
$\text{Fe}^{3+} + e^{-} \longrightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0.771
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^{-} \longrightarrow 4(\text{OH}^{-})$	+0.401
$\text{Cu}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Cu}$	+0.340
$2\text{H}^{+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{H}_2$	0.000
$\text{Pb}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Pb}$	-0.126
$\text{Sn}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Sn}$	-0.136
$\text{Ni}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Ni}$	-0.250
$\text{Co}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Co}$	-0.277
$\text{Cd}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Cd}$	-0.403
$\text{Fe}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Fe}$	-0.440
$\text{Cr}^{3+} + 3e^{-} \longrightarrow \text{Cr}$	-0.744
$\text{Zn}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Zn}$	-0.763
$\text{Al}^{3+} + 3e^{-} \longrightarrow \text{Al}$	-1.662
$\text{Mg}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Mg}$	-2.363
$\text{Na}^{+} + e^{-} \longrightarrow \text{Na}$	-2.714
$\text{K}^{+} + e^{-} \longrightarrow \text{K}$	-2.924

Com esse experimento simples os acadêmicos foram capazes de visualizar a importância dos conceitos aprendidos em sala de aula, determinando quais tipos de conexões podem ser realizadas com diferentes tipos de materiais metálicos sem obter uma diferença de potencial considerável. Também foi possível demonstrar como prevenir a corrosão de algum material colocando outro material de prova que tenha um menor potencial, pois este será corroído primeiro.

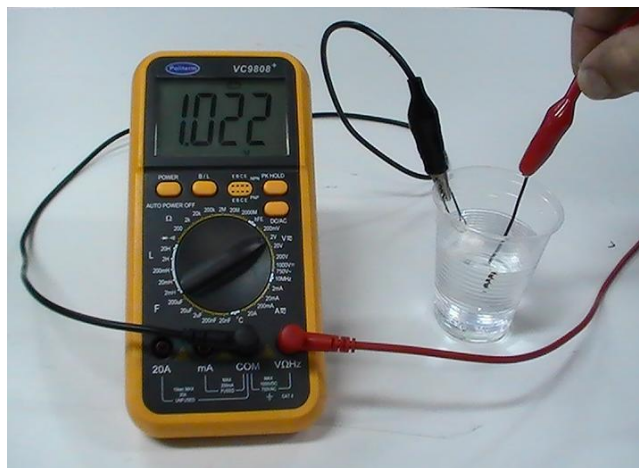
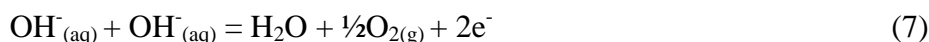


Figura 4. Experimento com uma barra de cobre e um clipe de aço niquelado

4.3 Eletrólise para geração de hidrogênio

Muito se fala sobre a síntese de hidrogênio para geração de energia e o seu benefício ambiental em relação aos materiais utilizados hoje em dias como, por exemplo, o carvão. Desta forma, um experimento simples de geração do mesmo foi confeccionado e filmado para ser levado à sala de aula na parte da matéria sobre estruturas atômicas e ligações químicas.

Foram imersos, em uma solução básica de soda caustica diluída em água, dois eletrodos de uma fonte de corrente e aplicada uma corrente de 5A entre os mesmos, obtendo as expressões abaixo.



Desta forma foi possível obter hidrogênio no catodo (6), sendo o mesmo visualizado instantaneamente por causa da geração de bolhas. Os gases da reação foram armazenados em uma garrafa e após aproximadamente trinta segundos foi feita, de uma distância segura, a combustão deste material.

4.4 Geração de energia por aquecimento de metais

Quando um dos lados de uma barra de metal é aquecido, ocorre a agitação dos elétrons deste lado que acabam adquirindo energia cinética e se direcionem para o lado de menor temperatura, gerando uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades na ordem de alguns milivolts (mV) (WULF).

Desta forma um fio de cobre e um multímetro de precisão foram levados para sala de aula. O metal, ao ser esquentado em um dos seus lados, apresentou uma diferença de potencial entre seus extremos como esperado. O mesmo aconteceu quando o outro lado do fio foi aquecido, mas com uma polaridade de tensão invertida. Após esta comprovação, o metal foi esquentado até que a temperatura ao longo da barra estivesse homogenia e nessa condição

não houve diferença de potencial significativa, comprovando que quando há uma diferença de temperatura em um metal haverá também uma diferença de potencial, ainda que pequena.

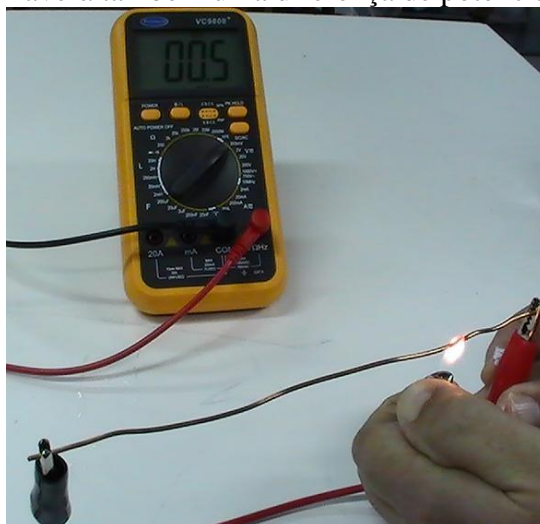


Figura 5. Aquecimento de uma barra de cobre

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ações tomadas pelos participantes do projeto trouxeram resultados visíveis à qualidade do ensino da disciplina de materiais elétricos, principalmente com relação aos experimentos para sala de aula, onde muitos estudantes estão acostumados a serem apenas ouvintes de sua própria formação, sem ter um contato real com materiais estudados e com a utilização correta dos mesmos.

A ação é fruto da filosofia do Programa de Educação Tutorial (PET) que busca, por meio de suas ações de pesquisa, ensino e extensão, melhorar a qualidade do ensino da universidade em que está inserido e ampliar as perspectivas de todas as pessoas envolvidas em suas ações. Para as próximas atividades, propõe-se a realização de experimentos que comprovem o funcionamento quase ideal de materiais condutores e magnéticos em baixas temperaturas, o funcionamento de lasers e o incremento de características didáticas nos experimentos atuais.

Agradecimentos

Os autores agradecem, primeiramente, ao MEC/SESu pelas bolsas e manutenção do Programa de Educação Tutorial – PET e a Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC por apoiar a ação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Trabalho em evento

CURIE, J.; CURIE, P; Comptes Rendus 91, 294 (1880)

DA SILVA, J. A. C. B; NEVES, W. L. A.; FILHO, J. S.; Experimentos de apoio à disciplina de materiais elétricos. **Anais**: XXIX – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Fortaleza-CE , 2001.

FONTINHA, R; MANUELA, M. S.; Desempenho de componentes metálicos em edifícios Corros. Prot. Mater., Vol. 26 N.º 3 (2007)

MALDONADO, L. S. **Plano de ensino da disciplina de Materiais Elétricos**. Disponível em:
<http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/leonardo/arquivos/MEL_001_planoensino.doc> Acesso em: 15 jun. 2011.

SCHMIDT, A. C; DA CUNHA, C. C; PIRES, A. O; OLIVEIRA, D. S; Materiais elétricos: Implantação do aspecto experimental na disciplina. **Anais: XXXVIII – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**. Fortaleza-CE , 2010.

WULF, Glatz Dipl. Ing. Technische Universität Braunschweig, Germany. Development of flexible micro thermoelectric generators, 2008, Tese (Doutorado)

COMPLEMENTARY EXPERIMENTS FOR THE DISCIPLINE OF ELECTRICAL MATERIALS

Abstract: *The objective of this work is to present the improvement of the experimental character in electrical material's discipline in Electrical Engineering course at the University of Santa Catarina - UDESC. It's discussed in this work the motivations for performing the activity, the characteristics of the discipline of electrical materials, tests and operations of various materials within the discipline and the development of new experiments that could be more attractive to the students.*

Key-words: Electrical Materials, Tutorial Education Program (PET), Electrical Engineering, Experimental Practices.