

## TÉCNICA DE CARACTERIZAÇÃO DIELÉTRICA DE MATERIAIS LÍQUIDOS E PASTOSOS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

*Cordeiro T. C.<sup>1</sup>, Rangel A.B.<sup>2</sup>, da Silva E.C.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> UENF/ Laboratório de Ciências Físicas/ thallis\_c@yahoo.com.br

<sup>2</sup> UENF/ Laboratório de Ciências Físicas/ alinebrangel@gmail.com

<sup>3</sup> UENF/ Laboratório de Ciências Físicas/ ecorrea@uenf.br

**Resumo** – O estudo e caracterização de materiais se tornaram essenciais para diversas aplicações industriais e, também, para o aperfeiçoamento de novas técnicas de pesquisa no meio acadêmico. Neste trabalho foi aplicado o estudo da constante dielétrica relativa de materiais em função da temperatura. Foi desenvolvida uma célula capacitiva, de teflon, com duas placas paralelas feitas de cobre e de dimensões conhecidas e separadas por uma distância fixa. A constante dielétrica relativa é obtida através da razão entre a capacitância da célula com a amostra, e o valor da capacitância da célula vazia (com ar). De fato, quando um material é inserido entre as placas enquanto a carga é mantida constante a diferença de potencial entre as placas diminui de um fator K. Portanto, o campo elétrico entre as placas deve diminuir do mesmo fator. Foram utilizadas amostras como glicerina com 99,5% de pureza, diesel em biodiesel de canola e babaçu em diversas concentrações e amostras de óleo de soja em óleo de soja totalmente hidrogenado, com e sem a reação de interesterificação.

**Palavras-chave:** glicerina, constante dielétrica, capacitância.

**Área do Conhecimento:** Física

### Introdução

Com a lei Nº 11097, de 13 de janeiro de 2005, que determina a introdução de biodiesel em até 5% ao diesel, novas técnicas para a caracterização de materiais líquidos e pastosos ganharam destaque no cenário nacional, junto com pesquisas relacionadas à produção destes biodieséis. Da reação aplicada na fabricação de biocombustíveis obtemos, como subproduto, a glicerina bruta ou natural, que se encontra contaminada principalmente por mono e diglicerídeos, sabão, água e catalisador (EGAWA, 2007). A glicerina farmacêutica difere da natural pela porcentagem de glicerol que é cerca de 99,5%, enquanto, na glicerina bruta, o valor é de 80%. Esta se torna importante devido à concentração de glicerol, produto com grande utilidade industrial, como mostra a tabela abaixo.

**Tabela 1: Aplicações para o Glicerol.**

Aplicações	Consumo Global (%)
Farmacêutica	28
Resinas	6
Alimentos e Bebidas	8
Poligliceróis	12
Tabaco	3
Filmes de Celulose	5
Ésteres	13

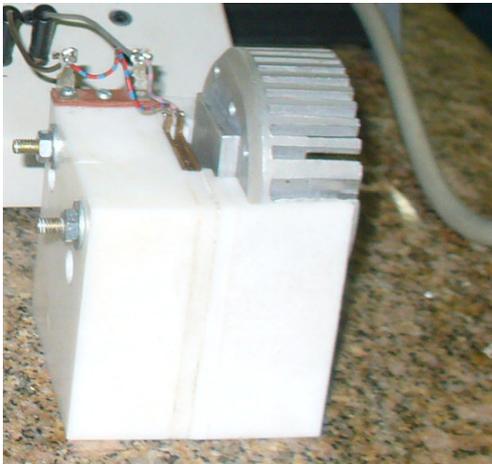
Fonte: Egawa, E. Y., 2007.

A metodologia aplicada neste trabalho trata de uma importante técnica de caracterização dielétrica em função da temperatura de materiais líquidos e pastosos (RANGEL et al.

2008), pois esta propriedade se relaciona com a estrutura do meio estudado.

### Metodologia

Os experimentos para medir a constante dielétrica relativa foram realizados no Laboratório de Ciências Físicas da Universidade Estadual do Norte Fluminense. O arranjo experimental é constituído de um controlador de temperatura modelo LFI-3751 fabricado pela Wavelength Electronics, uma ponte RCL modelo PM6304 da Fluke, um sistema de elementos Peltier, uma célula capacitiva.



**Figura 1: Célula Capacitiva**

A célula é constituída de teflon e com dimensões de 60X60X60 mm<sup>3</sup>, onde foram acopladas duas placas paralelas de cobre de dimensões 19,7X6,02mm<sup>2</sup>, e separadas por uma distância de 2mm. Em uma das placas estão instalados os elementos Peltier, responsáveis pela variação de temperatura, um termopar que tem a função de identificar a temperatura na placa e um trocador de calor, para evitar que o sistema se aqueça. O controlador de temperatura regula o fluxo de calor enviado ao sistema de medida devido ao sinal transmitido pelo termopar.

A ponte RCL realiza medidas de resistência, capacitância e indutância (FLUKE MANUAL). Suas tensões de teste estão disponíveis em 2V, 1V e 50mV e podem alternar de 50Hz até 100KHz.

O valor exibido pelo aparelho é o resultante do cálculo elaborado internamente em seu microprocessador, já que, no modo alternado, a forma para descrever os parâmetros está em uma linguagem de vetores denominada fasores.

Para calcular a constante dielétrica relativa das substâncias, primeiramente mede-se a célula em vazio, no qual a capacitância será:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Onde  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} (\text{F.m}^{-1})$  é a permissividade elétrica do vácuo (ou ar),  $A$  é a área de uma das placas e  $d$  é a distância entre as placas.

Após medir a capacitância em vazio, mede-se a célula com o dielétrico no meio, neste caso a amostra, e em seguida a razão entre as capacitâncias.

$$K = \frac{C}{C_0} = \frac{\epsilon A/d}{\epsilon_0 A/d} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

Como não há alterações na estrutura da célula de uma medida para outra, e conhecemos suas dimensões, podemos determinar a constante dielétrica relativa.

A montagem experimental apresenta uma capacitância equivalente diferente da capacitância teórica, cujo valor encontrado foi 0,67pF. Através de análise matemática foi comprovado que havia uma capacitância espúria em paralelo e não em série, pois o valor calculado era menor que o valor teórico da célula. Logo se definiu que a capacitância espúria era:

$$C_{\text{espúria}} = C_{\text{equivalente}} - C_{\text{teórica}}$$

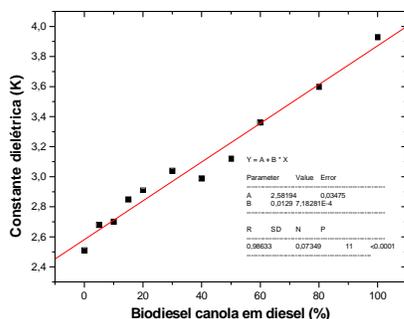
A capacitância da amostra será a diferença da capacitância equivalente e a espúria, logo a constante dielétrica relativa será:

$$K_{amostra} = \frac{(C_{equivalente} - C_{espúria})}{C_{teórica}}$$

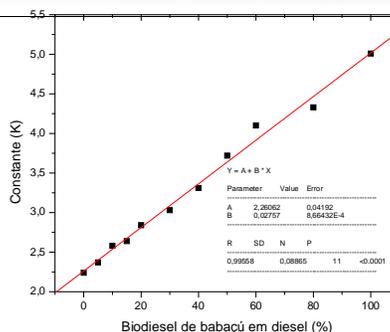
Foram realizadas medidas de misturas de diesel com biodieseis de canola e babaçú nas concentrações de 0%(diesel puro), 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 80% e 100% (biodiesel puro), mistura de óleo de soja totalmente hidrogenado com e sem a reação de interesterificação, com temperatura e frequência fixas em 25°C e 10KHz respectivamente. Medidas da glicerina com 99,5% de pureza foram feitas com a frequência fixa de 100KHz e variação de temperatura a fim de detectar a sua transição de fase. Em todas as medidas a tensão usada foi 1V, com 3 repetições para cada amostra.

### Resultados

Para as medidas com mistura de biodiesel em diesel, pode-se notar que a técnica demonstrou ter grande sensibilidade ao detectar variações na constante dielétrica relativa entre misturas com uma pequena diferença de concentração.

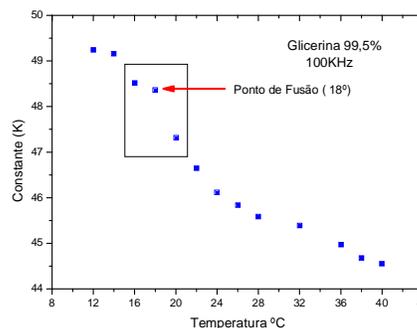


**Figura 2:** Gráfico da constante dielétrica relativa em função da concentração de biodiesel de canola.

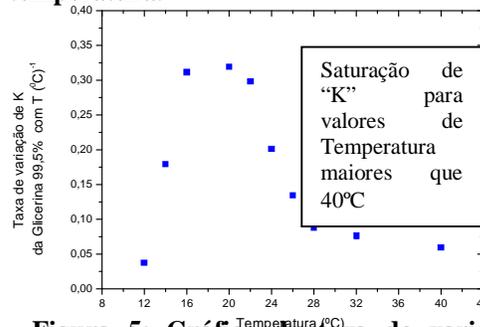


**Figura 3:** Gráfico da constante dielétrica relativa em função da concentração de biodiesel de babaçú.

Estes resultados foram obtidos para a glicerina bi-distilada com 99,5% de pureza *LOTE: 20081058*, fabricada pelo laboratório ©FURLAB Artigos para Laboratório.

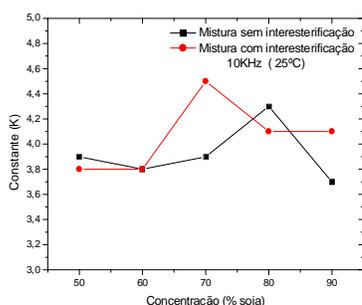


**Figura 4:** Gráfico da constante dielétrica da glicerina com 99,5% de pureza em função da temperatura.



**Figura 5:** Gráfico da taxa de variação da constante dielétrica relativa da glicerina com 99,5% de pureza em função da temperatura.

Foram realizadas medidas com amostras com valores de constante dielétrica relativa desconhecida na literatura que, neste caso, foram as misturas de óleo de soja em óleo de soja totalmente hidrogenado com e sem a reação de interesterificação, cedidas pela professora Lireny Gonçalves do Laboratório de Óleos e Gorduras da UNICAMP. A reação de interesterificação ocorreu em intervalos de tempo controlados, conduzida sob vácuo, a 100 °C, com finalização mediante a adição de água, que promove a inativação do catalisador. As alíquotas foram cuidadosamente lavadas com água destilada (80°C) para retirada dos sabões formados, e em seguida secas a 110°C, por 30 minutos (RANGEL, 2010).



**Figura 6:** Gráfico da constante dielétrica em função da concentração de misturas de óleo de soja em óleo de soja totalmente hidrogenado com e sem a reação de interesterificação

**Tabela 2:** Valores da constante dielétrica relativa com o percentual de erro das misturas de óleo de soja em óleo de soja totalmente hidrogenado com e sem a reação de interesterificação.

	Mistura com interesterificação	Mistura sem interesterificação
50 %	3,9 ± 0,2	3,8 ± 0,1
60 %	3,8 ± 0,3	3,8 ± 0,3
70 %	3,9 ± 0,2	4,5 ± 0,3
80 %	3,9 ± 0,3	4,1 ± 0,2
90 %	3,7 ± 0,2	4,1 ± 0,1

## Discussão

O software utilizado para o tratamento de dados foi o Origin 7.5. Importante observar o parâmetro B, que indica o coeficiente linear da equação da reta. Os valores dos coeficientes para as misturas com biodiesel de canola, foram A= 2,5819 e B= 0,0129 e, para as misturas com biodiesel de babaçu, foram A= 2,2606 e B= 0,0275.

Esta linearidade da constante dielétrica relativa, em função da concentração de biodiesel observada nos gráficos, se deve ao fato da mistura de biodiesel em diesel de petróleo não produzir reações e formar novas substâncias. Os valores encontrados para constante dielétrica relativa do biodiesel de canola e babaçu foram 3,9 e 5,1, respectivamente.

Através do gráfico apresentado na figura 4 é possível notar uma maior variação da constante dielétrica em relação à temperatura, principalmente na região entre 16 °C e 20 °C (destacada pelo retângulo na figura 4), valores próximos ao reportado por Arruda et al. (2006/

2007), que foi a temperatura de 18°C. Este fenômeno pode ser atribuído ao fato de que, durante a transição de fase, os materiais sofrem mudanças significativas em sua estrutura (MOREIRA et al. 2005). A taxa de variação para temperaturas abaixo da região de transição aumenta à medida que se aproxima dos 18°C e, à medida que a temperatura aumenta, a taxa de variação diminui até atingir 28°C. Com a figura 5 observa-se que, para temperaturas maiores que 40°C, a taxa de variação da constante dielétrica tende a uma saturação em torno de  $0,05 (^{\circ}\text{C})^{-1}$ .

Para a mistura sem interesterificação os resultados estão em um pequeno intervalo compreendido entre 3,5 e 3,9, enquanto a mistura com interesterificação está em um intervalo entre 3,7 e 4,2. Estes resultados encontrados para a constante dielétrica relativa se encontram próximos a valores de amostras oleaginosas citadas na literatura científica (<http://www.asiinstr.com/technical/Dielectric%20Constants.htm#Section>).

Em ambas as amostras de 70% houve um pico no valor máximo da constante dielétrica relativa. Este acontecimento pode estar associado a fatores como, por exemplo, fração de sólidos ou ponto de fusão.

### Conclusão

Os resultados obtidos, para as misturas de biodiesel em diesel, comprovam a eficácia da técnica com relação à detecção de pequenas alterações nas propriedades dielétricas, ou seja, o sistema experimental é capaz de detectar alterações estruturais muito pequenas que ocorrem nas amostras. Este fato se consolida com a detecção da transição de fase da glicerina com 99,5% de pureza, na região dos 18°C.

Para as misturas de óleo de soja em óleo de soja totalmente hidrogenado com e sem a reação de interesterificação, os resultados obtidos se tornam uma opção de estudo de

suas modificações estruturais devido à sua concentração. Apesar de iniciais, estas medidas merecem destaque, pois a interesterificação química consiste em opção tecnológica importante para a produção de gorduras técnicas com baixo teor de *trans*, visando diversas aplicações alimentícias, mediante a facilidade do processo e baixo custo associado (RIBEIRO, A.P.B., 2009).

### Referências

- RANGEL, A.B., CORDEIRO, T.C., MACHADO, F.A.L, VARGAS, H., SILVA, E.C. Study of dielectric properties of liquid and pasty materials as a function of temperature. In: Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada, 32, 2008. Águas de Lindóia, SP. Anais do XXXII Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada. Disponível em: <[http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/enfmc/xxxii/prog/xxxii\\_enfmc\\_abstracts.pdf](http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/enfmc/xxxii/prog/xxxii_enfmc_abstracts.pdf)>. Acessado em: 15 de Abril de 2010.
- ARRUDA, P.V, RODRIGUES R.C.L.B., FELIPE, M.G.A. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial metabólica. Disponível em <[http://www.revistaanalytica.com.br/analytica/e\\_d\\_anteriores/26/art04.pdf](http://www.revistaanalytica.com.br/analytica/e_d_anteriores/26/art04.pdf)>. Acesso em 13 de Abril de 2010.
- EGAWA, E.Y. Caracterização Térmica e Reológica de Blendas de Glicerol: Colágeno Tipo 1 de Diferentes Tecidos. 2007. 106f. Dissertação (Mestre em Ciências) – Instituto de Química de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2007.
- FLUKE MANUAL “Programmable Automatic RCL METER PM 6304” Users Manual, November 1995, Rev. 2, 02/99.
- RANGEL, A.B. Estudos de Propriedades Dielétricas de Amostras Líquidas e Pastosas em Função da Temperatura. 2010. 87f. Dissertação (Mestre em Ciências Naturais) – Laboratório de Ciências Físicas. Universidade

Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2010.

Dielectric Constant Chart. Disponível em <<http://www.asiinstr.com/technical/Dielectric%20Constants.htm#Section>>. Acesso em 13 de Abril de 2010

MOREIRA, S.G.C., ALBUQUERQUE, M.L.S., MANSANARES, A.M., SILVA E.C. Simultaneous measurement of electrical and thermal properties: Application to margarine, **J. Phys.** IV 125, 2005.

RIBEIRO, A.P.B. Obtenção de gorduras zero trans por interesterificação química e caracterização para aplicação em alimentos''. 2009. 274f. Tese (Doutor em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2009.

SEARS, Z., *Física III: eletromagnetismo*, 10ª edição, Addison Wesley, SP, 2004. p. 116-117.