

Relatório de Laboratórios de Engenharia Física

II: Polarização Elétrica

Ludgero Teixeira Peixoto

2 de Março de 2017

Resumo

Neste relatório apresenta-se a descrição da experiência sobre a transição de fase ferroelétrica-paraelétrica de uma amostra de Sulfato de Triglicerina (TGS), realizado no âmbito da unidade curricular Laboratórios de Engenharia Física II.

TGS é uma substância que à temperatura ambiente apresenta ciclos histeréticos de polarização elétrica, revelando assim ter polarização espontânea. Aumentando a temperatura, ultrapassando o seu valor crítico, este material passa a ser caracterizado como paraelétrico.

Este trabalho foca-se na determinação da temperatura crítica a que acontece a transição de fase, que foi determinada ser por volta de 46°C .

1 Introdução Teórica

1.1 Objetivo

Neste trabalho pretendeu-se medir ciclos histeréticos de polarização elétrica, extrair a polarização espontânea em função da temperatura de forma a determinar a transição de fase Ferroeletrica-paraeletrica do Sulfato de Triglicerina.

1.2 Teoria

Regra geral, existem 3 diferentes tipos de materiais no que diz respeito a como reagem a um campo elétrico aplicado. Estes 3 grupos de materiais são denominados de Ferroelétricos, Paraelétricos e Dieelétricos e podem ser caracterizados através da sua polarização espontânea. Entrando mais em detalhe, estes comportamentos podem ser explicados atentando à organização microscópica dos dipolos elétricos do material em questão. Um material Ferroelétrico apresenta polarização espontânea e é caracterizado por um gráfico de histerese na curva Polarização vs campo elétrico aplicado (figura1). Para a mesma curva, materiais do tipo Paraelétrico ou Dieelétrico são caracterizados por polarização espontânea nula. No caso de um material dielétrico, o seu comportamento é inteiramente linear, sendo a permitividade elétrica o declive da curva P vs E .

portanto constante. Este já não é o caso para materiais paraelétricos, uma vez que a sua dependência linear se restringe a valores de campo aplicado muito perto da origem, e o seu comportamento não linear induz uma permitividade elétrica dependente do campo aplicado (figura 2).

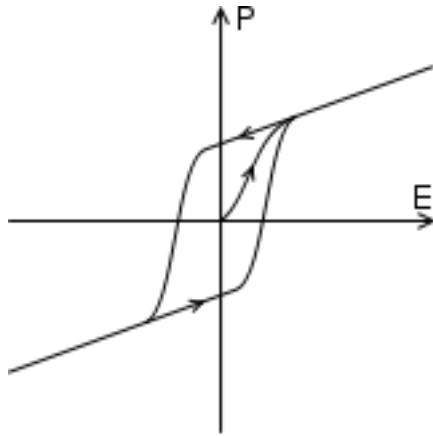


Figura 1: Ciclo de histerese característico de materiais ferroelétricos

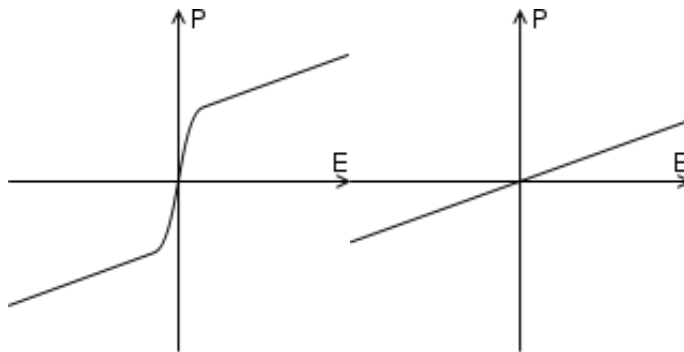


Figura 2: Comportamento típico de materiais paraelétricos e dielétricos

O vetor deslocamento elétrico pode ser descrito como $D = P + \varepsilon E$, pelo que podemos expressar a polarização em função das outras duas quantidades. É útil, também, considerar que num condensador assumido perfeito $D = \frac{VC}{S}$, com V correspondendo à voltagem nos terminais do condensador, C a sua capacidade e S a sua área de superfície.

Para modelar a forma como a Polarização espontânea do material varia com a temperatura, segue-se o modelo de Landau, que se baseia na ideia de que a energia livre se pode expandir como uma série de potências em ordem a um parâmetro interno (neste caso a polarização espontânea) em torno da região de transição, como se constata na expressão 1.

$$F = F_0 + \frac{a}{2}(T - T_c)P_s^2 + \dots \quad (1)$$

de onde resulta, resolvendo para P_s , que $P_s \propto (T_c - T)^k$, sendo T_c a temperatura crítica, que corresponde a polarização zero, e k denominado expoente crítico, que se espera ser 0,5.

2 Resultados

2.1 Procedimento experimental

Para se conseguir realizar esta experiência, foi utilizada a seguinte montagem experimental (figura 3), onde se utilizou um gerador de sinais para produzir a tensão e conseqüentemente o campo $\vec{E}$ necessário para caracterizar a curva $\vec{P}$ vs $\vec{E}$, que interessava. Nesta configuração, temos que ter cuidado com a escolha do condensador de referência para garantir que os dados recolhidos estão concordantes em fase, de maneira a facilitar o trabalho do experimentalista que os tenha de tratar e também para permitir que se tenha alguma ideia do que é suposto estar a dar enquanto se realiza a experiência.

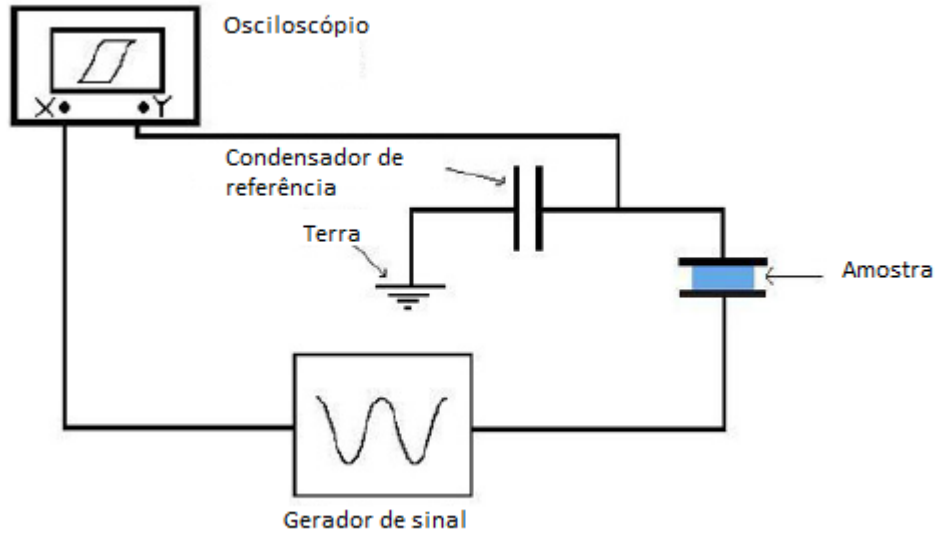


Figura 3: Montagem experimental

Utiliza-se um termopar (sensibilidade $41 \mu V/^{\circ}C$ ligado para medir a temperatura, referenciado a zero (mistura água e gelo) e para aquecer (ou arrefecer) a amostra utiliza-se um *peltier*, que causa varia a temperatura das suas superfícies

(uma aquece, outra arrefece) consoante a tensão que lhe é aplicada. Manteve-se a amostra dentro dos limites de 10~50°C, para não correr o risco de o ar começar a condensar em cima da mesma (nos 10°C), nem de começar a aproximar da sua temperatura de fusão. Para um bom controlo destes valores, calculou-se que valores de tensão de saída do termopar não poderíamos ultrapassar.

Começando pela Temperatura ambiente, até se verificar a transição de fase efetuaram-se 8 medidas, medindo-se também outras 8 vezes, desta vez a descer da temperatura crítica até à temperatura ambiente.

2.2 Análise de dados

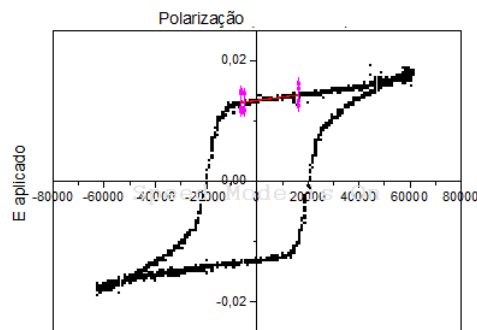


Figura 4: Ciclo de histerese da amostra a Temperatura ambiente

Na figura 4, pode-se observar o ciclo de histerese correspondente à temperatura ambiente, ao qual se fez um *fit* na região que intersecta o eixo das ordenadas, de maneira a se conseguir retirar um valor para a sua polarização espontânea. Pode-se também observar o valor do campo coercivo, campo necessário para levar a polarização a zero.

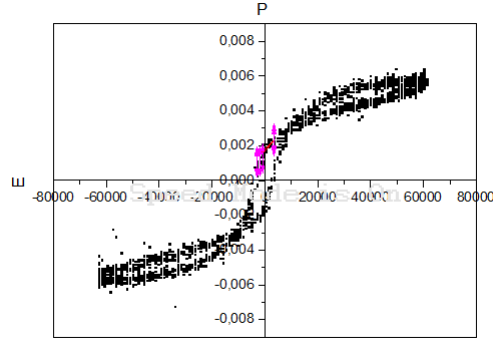


Figura 5: Comportamento da amostra para valores muito próximos da temperatura crítica

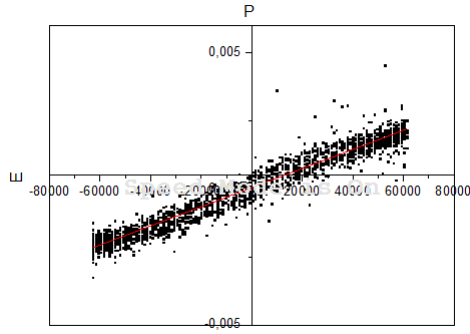


Figura 6: Amostra na fase paraelétrica

Nas figuras 5 e 6 pode-se observar a mudança de comportamento esperada nesta transição de fase, verificando, através de um ajuste linear, que o valor da polarização espontânea se aproxima muito de zero. Esta transição foi identificada como estando na ordem de 45°C.

Para se avaliar o comportamento do valor da polarização espontânea em função da temperatura, de acordo com o modelo apresentado na introdução teórica, fez-se um *fit* dos valores conseguidos com a expressão $A(T_c - T)^k$, tendo-se conseguido um bom ajuste para $k = 0,5$, como seria esperado, e que se pode observar na figura 7.

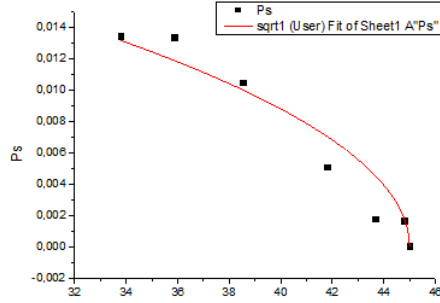


Figura 7: Polarização espontânea vs Temperatura

Para validar o expoente crítico encontrado, decidi fazer também um ajuste linear como se pode ver na figura 8.

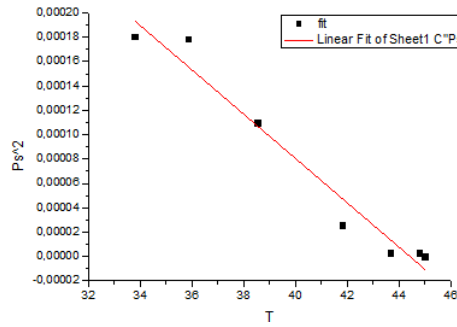


Figura 8: Quadrado da polarização espontânea vs Temperatura

Destes gráficos pode-se concluir, como afirmado anteriormente, que a temperatura de transição se situa, aproximadamente nos 45°C, pois é onde, nas duas últimas figuras 7 e 8, se verifica que a polarização espontânea tende fortemente para zero.

3 Conclusão

Neste trabalho foi possível estudar as características de transição de fase ferroelétrica-paraelétrica do sulfato de triglicerina, encontrando-se um valor, para o qual esta acontece, de cerca de 45°C. Caracterizou-se a variação da polarização espontânea deste material em função da sua temperatura através do modelo de Landau, estando os resultados obtidos em concordância com a teoria apresentada, com k , o expoente crítico, a ser igual a 0,5.

Para aprofundar este trabalho poderia-se também estudar o efeito piroelétrico que este material também possui.

4 Possíveis aplicações

Este tipo de materiais pode ser utilizado como sensor de temperatura, aproveitando a alteração das suas características, nomeadamente a sua capacidade, com a variação de temperatura.

5 Referências

http://lampx.tugraz.at/~hadley/ss2/landau/first_order.php

M. Lines; A. Glass (1979). Principles and applications of ferroelectrics and related materials.

P. Chandra; P.B. Littlewood. A Landau Primer for Ferroelectrics