

ESTUDO DA DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA DO ÓLEO REFINADO DE SEMENTE DE UVA

CÉSAR AUGUSTO CANCIAM¹

RESUMO

Nos líquidos, para se avaliar os impactos no sistema de medição volumétrica decorrentes da variação de temperatura, é necessário fazer um estudo da dilatação volumétrica. O objetivo deste trabalho foi prever o coeficiente de expansão térmica do óleo refinado de semente de uva. Para tanto, realizou-se a análise de regressão linear de dados experimentais da densidade em função da temperatura. Estes dados foram obtidos na literatura. A análise de regressão linear considerou os modelos matemáticos propostos por Alvarado e Canciam. Entre 10 e 140°C, os valores encontrados para o coeficiente de expansão térmica foram de $7,4351 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (modelo de Alvarado) e $7,0431 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (modelo de Canciam). Na literatura, não foram encontrados valores experimentais para o coeficiente de expansão térmica do óleo refinado de semente de uva, entretanto, constatou-se a proximidade com outros óleos vegetais. Os coeficientes de correlação encontrados foram próximos da unidade, classificando as correlações lineares como muito fortes.

PALAVRAS-CHAVES: Dilatação. Modelagem Matemática. Óleo. Semente de Uva.

THE STUDY OF VOLUMETRIC DILATATION OF REFINED GRAPE SEED OIL

ABSTRACT

In liquids, to assess the impacts on volumetric measurement system due to temperature variation, it is necessary to make a study of volumetric dilatation. The objective of this work was to predict the thermal expansion coefficient of refined grape seed oil. For this purpose, was performed a linear regression analysis of experimental data of density a function of temperature. These data were obtained from the literature. The mathematical models proposed by Alvarado and Canciam were considered for the linear regression analysis. Between 10 and 140° C, the values found for the thermal expansion coefficient were $7.4351 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (model proposed by Alvarado) and $7.0431 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (model proposed by Canciam). In literature, there were no experimental values for the thermal expansion coefficient of the refined grape seed oil; however, these values were close to others vegetables oils. The correlation coefficients were close to unity, classifying them as very strong.

KEYWORDS: Dilatation. Grape seed. Mathematical Modeling. Oil.

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Ponta Grossa, ccanciam@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A dilatação de um material em decorrência da elevação da temperatura é uma consequência do aumento da sua energia interna, que determina uma maior amplitude das vibrações moleculares e, portanto, uma maior distância média entre os constituintes moleculares [15].

O coeficiente de expansão térmica (β) é uma propriedade termodinâmica que está relacionada com a resposta dos materiais à aplicação de calor. E fornece uma medida da variação da densidade em resposta a uma mudança de temperatura, com a pressão constante, conforme a Equação (1) [7,16].

$$\beta = \frac{1}{V} \cdot \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = -\frac{1}{\rho} \cdot \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_P \quad (1)$$

em que, V corresponde ao volume; T , à temperatura, P , à pressão e ρ corresponde à densidade do material.

O conhecimento do coeficiente de expansão térmica permite [12,18,27,31]:

- Estudar o comportamento da dilatação volumétrica do material;
- Avaliar os impactos no sistema de medição volumétrico decorrentes da variação de temperatura;
- Servir de dado no projeto de equipamentos e acessórios considerando possíveis dilatações advindas das grandes variações de temperatura;
- Corresponder a uma das variáveis na estimativa de outras propriedades, dentre elas: a tensão volumétrica e a entalpia de vaporização;
- Estudar a convecção livre que influencia na transferência de calor em tubulações.

O modelo matemático proposto por Alvarado considera a análise de regressão linear de dados de $1/\rho$ em função da temperatura, para a obtenção do coeficiente de expansão térmica. A Equação (2) relaciona este modelo [1].

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho^*} + \left(\frac{\beta}{\rho^*} \right) \cdot T \quad (1)$$

Na Equação (2), o coeficiente angular corresponde à razão (β/ρ^*) e o coeficiente linear à $(1/\rho^*)$. O parâmetro ρ^* é característico de cada óleo vegetal [1].

Já o modelo matemático proposto por Canciam considera, para a obtenção do coeficiente de expansão térmica, a análise de regressão linear de dados de $\ln(\rho_0/\rho)$ em função de $(T - T_0)$. Em que, ρ_0 corresponde à densidade inicial na temperatura inicial T_0 e ρ , à densidade na temperatura T . A Equação (3) relaciona esta metodologia [8].

$$\ln\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right) = \beta \cdot (T - T_0) \quad (2)$$

A dilatação volumétrica é variável e tende a manter uma relação direta com a composição química dos diferentes materiais líquidos [18].

O valor do coeficiente de expansão térmica está relacionado com a energia de ligação química entre as espécies químicas. Materiais em que as ligações químicas são fortes apresentam baixos coeficientes de expansão térmica. Isto porque a dilatação térmica está associada à variação assimétrica da energia de ligação com a distância entre as espécies químicas. Ou seja, durante o aquecimento as espécies químicas do material aumentam a frequência e a amplitude de vibração (estado excitado) e como as forças de repulsão são sempre maiores que as forças de atração, a distância entre as espécies químicas também aumenta [9,17,27].

Nos óleos vegetais, é comum a interação intermolecular do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido ou forças de dispersão de London, que são classificadas como interações fracas [4].

As forças de dispersão de London são originadas a partir da rápida flutuação da densidade eletrônica de cada partícula, que induz a formação de um momento elétrico entre as partículas vizinhas, fazendo com que estas se atraiam [29].

O óleo de semente de uva é um subproduto da indústria de vinho e vem sendo utilizado nas indústrias de alimentos (como óleo comestível), cosméticos, fármacos e de extração de petróleo [14,26].

O óleo de semente de uva contém uma grande quantidade de ácidos graxos livres e grandes quantidades de ácidos graxos insaturados (principalmente os ácidos oleico e linoleico). São encontrados também taninos, fenóis, mono e diglicerídeos [2,20,24.]

Devido a suas propriedades antioxidantes, o óleo de semente de uva vem sendo indicado para crianças e idosos, no combate aos radicais livres, nas doenças cardiovasculares, na diminuição do colesterol sanguíneo, na prevenção da catarata e na melhoria da sensibilidade à insulina [14,20].

O objetivo deste trabalho foi estudar a dilatação volumétrica do óleo refinado de semente de uva, através da predição do coeficiente de expansão térmica, utilizando os modelos matemáticos propostos por Alvarado e Canciam. Para tanto, empregaram-se dados experimentais da densidade em função da temperatura, encontrados na literatura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A TABELA 1 relaciona os dados experimentais da densidade em função da temperatura para o óleo refinado de semente de uva. Esses dados foram adaptados de Esteban et al. [13].

A determinação dos parâmetros $(1/\rho^*)$ e (β/ρ^*) , de acordo com o modelo matemático de Alvarado, foi realizada através da substituição dos dados indicados na TABELA 1 nas Equações 4 a 11. Essas equações foram adaptadas de Triola [30].

$$\frac{\beta}{\rho^*} = \left(\frac{n \cdot a_1 - b_1}{n \cdot c_1 - d_1} \right) \quad (4)$$

$$a_1 = \left\{ \sum_1^n [T \cdot (1/\rho)] \right\} \quad (5)$$

$$b_1 = \left\{ \left(\sum_1^n T \right) \cdot \left[\sum_1^n (1/\rho) \right] \right\} \quad (6)$$

$$c_1 = \sum_1^n T^2 \quad (7)$$

$$d_1 = \left(\sum_1^n T \right)^2 \quad (8)$$

$$e_1 = \sum_1^n (1/\rho) \quad (9)$$

$$h_1 = \sum_1^n T \quad (10)$$

$$\frac{1}{\rho^*} = \frac{e_1 - \left(\frac{\beta}{\rho^*}\right) \cdot h_1}{n} \quad (11)$$

Tabela 1: Efeito da temperatura na densidade do óleo refinado de semente de uva.

Temperatura (°C)	Densidade (kg.m ⁻³)
10	925,9
20	918,8
30	912,6
40	906,0
50	899,8
60	894,1
70	887,4
80	881,3
90	875,4
100	869,5
110	862,6
120	857,0
130	850,5
140	844,0

Em que n corresponde ao número de dados amostrais emparelhados. Com base na TABELA 1, n equivale a 14.

Para o cálculo do coeficiente de correlação (r^2), com base no modelo matemático de Alvarado, foram empregadas as Equações 12, 13 e 14. Essas equações também foram adaptadas de Triola [30].

$$r^2 = \frac{(n \cdot a_1 - b_1)}{\sqrt{(n \cdot c_1 - d_1) \cdot (n \cdot g_1 - f_1)}} \quad (12)$$

$$f_1 = \left[\sum_1^n (1/\rho) \right]^2 \quad (13)$$

$$g_1 = \sum_1^n (1/\rho)^2 \quad (14)$$

A determinação do coeficiente de expansão térmica (β), com base no modelo matemático proposto por Canciam, foi realizada através da substituição dos dados indicados na TABELA 1 nas Equações 15 a 19. Essas equações foram adaptadas de Canciam [12].

$$\beta = \frac{(n \cdot a_2 - b_2)}{(n \cdot c_2 - e_2)} \quad (15)$$

$$a_2 = \left\{ \left[\sum_1^n (T - T_0) \cdot \ln(\rho_0/\rho) \right] \right\} \quad (16)$$

$$b_2 = \left\{ \left[\sum_1^n (T - T_0) \right] \cdot \left[\sum_1^n \ln(\rho_0/\rho) \right] \right\} \quad (17)$$

$$c_2 = \left\{ \left[\sum_1^n (T - T_0)^2 \right] \right\} \quad (18)$$

$$e_2 = \left\{ \left[\sum_1^n (T - T_0) \right]^2 \right\} \quad (19)$$

em que n equivale a 14.

Para o cálculo do coeficiente de correlação (r^2), com base no modelo matemático de Canciam, foram empregadas as Equações 20-22. Essas equações também foram adaptadas de Canciam [12].

$$r^2 = \frac{(n \cdot a_2 - b_2)}{\sqrt{(n \cdot c_2 - e_2)} \cdot \sqrt{(n \cdot g_2 - f_2)}} \quad (20)$$

$$f_2 = \left[\sum_1^n \ln(\rho_0/\rho) \right]^2 \quad (21)$$

$$g_2 = \sum_1^n \left[\ln(\rho_0/\rho) \right]^2 \quad (22)$$

Na TABELA 1, a temperatura inicial T_0 equivale a 10°C e a densidade inicial ρ_0 corresponde à 925,9 kg.m⁻³.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FIGURA 1 ilustra o gráfico de $1/\rho$ versus T , com base nos dados da TABELA

1.

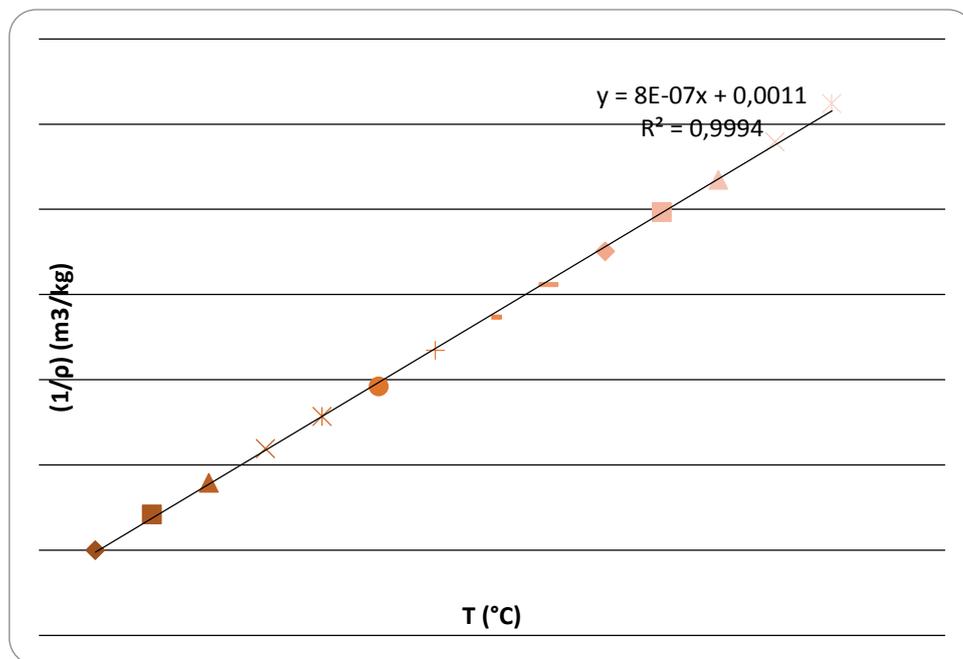


Figura 1: Gráfico de $1/\rho$ versus T para o óleo refinado de semente de uva.

A TABELA 2 relaciona os resultados obtidos através da análise de regressão linear de dados de $1/\rho$ em função de T (modelo matemático proposto por Alvarado).

Tabela 2: Resultados da análise de regressão linear (modelo matemático de Alvarado).

Parâmetros	Valores obtidos
$(1/\rho^*)$ ($\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$1,0716 \times 10^{-3}$
(β/ρ^*) ($\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)	$7,9675 \times 10^{-7}$
r^2	0,9997

Assim, a partir da TABELA 2, o valor do parâmetro ρ^* equivale a $933,1840 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ e para o coeficiente de expansão térmica (β) equivale a $7,4351 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Com relação ao coeficiente de correlação (r^2), este parâmetro mede a interdependência linear entre as variáveis e avalia a qualidade do ajuste, ou seja, quanto mais próximo o coeficiente de correlação for da unidade, melhor o ajuste da reta em relação aos pontos da dispersão [25].

Lira [19] fornece uma classificação para as correlações lineares. Quando os valores do coeficiente de correlação são maiores ou iguais a 0,90 e menores que 1,0, a correlação linear é classificada como muito forte.

Dessa forma, observa-se na TABELA 2 e na TABELA 3, que para os modelos matemáticos adotados na predição do coeficiente de expansão térmica do óleo refinado de semente de uva, a correlação linear é classificada como muito forte.

Com o objetivo de comparar os valores encontrados para o óleo refinado de semente de uva, foi realizada uma pesquisa na literatura a fim de encontrar um valor experimental para o coeficiente de expansão térmica do óleo refinado de semente de uva. Não foi encontrado nenhum valor experimental para este óleo. A TABELA 4 relaciona os valores do coeficiente de expansão térmica para os óleos refinados de algodão, gergelim, girassol e milho.

Tabela 4: Valores do coeficiente de expansão térmica de alguns óleos vegetais refinados.

Óleo vegetal refinado	β ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	Intervalo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Referência
Algodão	$7,4355 \times 10^{-4}$	-20 a 80	[8]
Gergelim	$7,46 \times 10^{-4}$	-20 a 80	[10]
Girassol	$7,0 \times 10^{-4}$	20 a 70	[1]
Girassol	$6,9858 \times 10^{-4}$	-20 a 80	[12]
Milho	$7,3 \times 10^{-4}$	20 a 70	[1]
Milho	$7,4216 \times 10^{-4}$	-20 a 80	[11]

Com base na TABELA 4, pode-se observar a proximidade do coeficiente de expansão térmica do óleo refinado de semente de uva com os óleos refinados indicados nesta tabela. A provável explicação para tal proximidade encontra-se na interação intermolecular, que está associada com a composição de cada óleo vegetal.

A TABELA 5 relaciona a composição dos óleos refinados de algodão, gergelim, girassol, milho e de semente de uva em termos de ácidos graxos insaturados e saturados.

Observando a TABELA 5, em termos de ácidos graxos saturados e insaturados, o óleo refinado de semente de uva apresenta uma composição próxima ao óleo refinado de girassol.

Comparando a TABELA 4 e a TABELA 5, pode-se observar que quanto maior é a quantidade de ácidos graxos insaturados, menor é o valor do coeficiente de expansão térmica. Essa observação é seguida para o óleo refinado de semente de uva.

Tabela 5: Composição dos óleos refinados em termos da saturação de seus ácidos graxos.

Óleo vegetal refinado	Ácidos graxos saturados (g)	Ácidos graxos insaturados (g)	Referência
Algodão	25,50	72,60	[28]
Gergelim	18,88	75,43	[21]
Girassol	10,85	89,57	[28]
Milho	15,85	82,94	[28]
Semente de uva	10,0	90,0	[23]

Ácidos graxos saturados apresentam cadeias carbônicas com apenas ligações simples (sigma) ou hibridação sp^3 entre os átomos de carbono. Constituem-se, sobretudo, de glicerídeos derivados do ácido láurico. Já os ácidos graxos insaturados apresentam cadeias carbônicas com ligações simples (sigma) ou hibridação sp^3 entre os átomos de carbono e também apresentam ligações duplas (pi) ou hibridação sp^2 entre os átomos de carbono. Essas ligações duplas podem aparecer somente uma vez por cadeia carbônica (ácidos graxos monoinsaturados) ou mais de uma vez por cadeia carbônica (ácidos graxos poli-insaturados) [5].

A hibridação sp^3 confere à molécula uma geometria tetraédrica, cujo ângulo entre os orbitais híbridos é de $109^\circ 28'$. Já a hibridação sp^2 confere à molécula uma geometria trigonal plana ou triangular, cujo ângulo entre os orbitais híbridos é de 120° [3].

A geometria molecular interfere nas forças de dispersão de London. Para que essas forças tenham o máximo de eficiência é preciso que as moléculas “encostem-se” através de uma boa parte de suas superfícies [5].

Cadeias carbônicas que apresentam ligações duplas (pi) agem como pontos de imobilidade, restringindo o movimento de rotação e o dobramento da cadeia em virtude de uma maior interação entre suas moléculas [5].

Dessa forma, quanto maior a quantidade de ácidos graxos insaturados, maior é a interação entre suas moléculas e conseqüentemente, menor o coeficiente de Vetor, Rio Grande, v. 24, n. 1, p. 124-137, 2014.

expansão térmica. Motivo pelo qual justifica o comportamento para o coeficiente de expansão térmica do óleo refinado de semente de uva.

O coeficiente de expansão térmica mede a variação relativa do volume devido à alteração da temperatura, mantendo-se a pressão constante. Assim, por exemplo, se o coeficiente de expansão térmica de um material é igual a $1,0 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ significa que o acréscimo de 1 grau tem como resultado o aumento do volume em 1% [22].

Assim, seguindo a mesma linha de raciocínio, para cada 1 grau de acréscimo de temperatura, o aumento do volume do óleo refinado de semente de uva varia de 0,070 a 0,074%.

Estes valores podem parecer pequenos, mas se comparados com a água, o aumento do volume do óleo refinado de semente de uva equivale 3,38 a 3,58 vezes mais que o aumento do volume da água.

Nos cálculos acima citados, foi considerado que o coeficiente de expansão térmica da água equivale a $2,07 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ [6].

A água apresenta interações intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio. Enquanto que os óleos vegetais apresentam interações intermoleculares do tipo forças de dispersão de London [11].

As ligações de hidrogênio são mais fortes em comparação às forças de dispersão de London [22]. Isto justificaria o menor valor do coeficiente de expansão térmica da água em relação ao coeficiente de expansão térmica do óleo refinado de semente de uva.

4. CONCLUSÃO

O modelo matemático proposto por Alvarado obteve, para o coeficiente de expansão térmica (β) do óleo refinado de semente de uva, o valor de $7,4351 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Enquanto que o modelo matemático proposto por Canciam, o valor obtido equivale a $7,0431 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. A faixa de temperatura, considerada para ambos os casos, é de 10 a 140°C. Para os dois modelos matemáticos aplicados, as correlações lineares foram classificadas como muito fortes.

A cada 1 grau de acréscimo de temperatura, o aumento do volume do óleo refinado de semente de uva variou de 0,070 a 0,074%.

Verificou-se a ausência na literatura de valores do coeficiente de expansão térmica para o óleo refinado de semente de uva. Os valores do coeficiente de expansão térmica do óleo refinado de semente de uva preditos neste trabalho foram próximos aos valores do coeficiente de expansão térmica de outros óleos vegetais refinados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALVARADO, J. D. Propiedades mecánicas de aceites y grasas vegetales. **Grasas y Aceites**, v. 46, n.4-5, p. 264-269, 1995
- [2] BAIL, S.; STUEBIGER, G.; KRIST, S.; UNTERWEGER, H.; BUCHBAUER, G. Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 108, p. 1122-1132, 2008.
- [3] BARBOSA, L.C.A. **Introdução à Química Orgânica**. São Paulo, Brasil, Pearson Prentice-Hall, 311p, 2004.
- [4] BROWN, L.S.; HOLME, T.A. **Química geral aplicada à Engenharia**. São Paulo, Brasil, Editora Cengage Learning, 653p, 2009.
- [5] BUENO, L.S.R. **Estudo da influência da composição do óleo vegetal sobre algumas propriedades do biodiesel**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC), Curitiba, 2007.
- [6] CABRAL, F.; LAGO, A. **Física 2**. São Paulo, Brasil, Editora Harbra, 516p, 2002.
- [7] CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro, Brasil, Editora LTC, 590p, 2008.
- [8] CANCIAM, C. A. Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de algodão. **Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 11, n. 3, p. 27-31, 2005.
- [9] CANCIAM, C.A. Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de soja (*Glicine max*). **Revista Tecnológica**, v. 17, p. 13-18, 2008.
- [10] CANCIAM, C.A. Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de gergelim (*Sesamum indicum* L.) através da aplicação de regressão linear. **Revista E-xacta**, v. 3, n. 1, p. 20-28, 2010.
- [11] CANCIAM, C.A. Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de milho. **Revista CIATEC**, v. 2, n. 2, p. 15-21, 2010.
- [12] CANCIAM, C.A. Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de girassol através da aplicação da análise de regressão linear. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 6, n. 2, p. 852-863, 2012.
- [13] ESTEBAN, B.; RIBA, J. R.; BAQUERO, G.; RIUS, A.; PUIG, R. Temperature dependence of density and viscosity of vegetable oils. **Biomass and Bioenergy**, v. 42, p. 164-171, 2012.
- [14] FIORI, L. Grape seed oil supercritical extraction kinetics and solubility data: Critical approach and modeling. **The Journal of Supercritical fluids**, v. 43, p. 43-54, 2007.

- [15] FRADE, J.M.C.B.C. **Conformação automática de formas complexas em vidro de mesa**. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais), Universidade de Aveiro, Aveiro, 2010.
- [16] INCROPERA, F.P.; DEWITT, D.P. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. Rio de Janeiro, Brasil, Editora LTC, 494p, 1998.
- [17] JERÔNIMO, C.E.M. Predição do coeficiente de dilatação térmica de naftas pela curva de destilação ASTM. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 4, p. 405-412, 2012.
- [18] JERÔNIMO, C. E. M.; BALBINO, C. P.; FERNANDES, H. G. Coeficiente de dilatação volumétrica determinados pela curva ASTM em frações de petróleo. **Scientia Plena**, v.8, n. 9, p. 1-8, 2012.
- [19] LIRA, S. A. **Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicação**. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2004.
- [20] MAIER, T.; SCHIEBER, A.; KAMMERER, D. R.; CARLE, R. Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. **Food Chemistry**, v. 112, p. 551-559, 2009.
- [21] MELO, M. A. M. F. **Avaliação das propriedades de óleos vegetais visando a produção de biodiesel**. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, 2010.
- [22] NETZ, P. A.; ORTEGA, G. G. **Fundamentos de físico-química: uma abordagem conceitual para as ciências farmacêuticas**. Porto Alegre, Brasil, Editora Artmed, 299p, 2008.
- [23] PASSOS, C. P.; SILVA, R. M.; DA SILVA, F. A.; COIMBRA, M. A.; SILVA, C. M. Supercritical fluid extraction of grape seed (*Vitis vinifera* L.) oil. Effect of the operating conditions upon oil composition and antioxidant capacity. **Chemical Engineering Journal**, 160, p. 634-640, 2010.
- [24] PEREIRA, G. G. **Obtenção de nanoemulsões O/A à base de óleo de semente de uva e oliva ativadas de metoxicinamato de octila e estudo do potencial antioxidante e fotoprotetor das emulsões**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto, 2008.
- [25] PINHEIRO, J.I.D.; CUNHA, S.B.; CARVAJAL, S.R.; GOMES, G.C. **Estatística básica: a arte de trabalhar com dados**. Rio de Janeiro, Brasil, Elsevier, 295p, 2009.
- [26] ROCKENBACH, I.I.; RODRIGUES, E.; GONZAGA, L.V.; FETT, R. Composição de ácidos graxos de óleo de semente de uva (*Vitis vinifera* L. e *Vitis labrusca* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**. III SSA, p. 23-26, 2010.
- [27] SANTOS, D.Q.; VIEIRA, D.F. Determinação de coeficiente de expansão térmica do biodiesel e seus impactos no sistema de medição volumétrico. **Revista Eclética Química**, v. 35, n. 4, p. 107-112, 2010.
- [28] **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – USP**. Disponível em <http://www.fcf.usp/tabela/lista.asp?base=x>, Acesso em 10 fev. 2013.

[29] TEIXEIRA, V.G.; COUTINHO, F.M.B.; GOMES, A.S. Principais métodos de caracterização da porosidade de resinas à base de divinilbenzeno. **Química Nova**, v. 24, n. 6, p. 808-818, 2001.

[30] TRIOLA, M.F. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 410p., 1999.

[31] YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A. **Física III – Termodinâmica e Ondas**. 12. ed. São Paulo, Brasil, Editora Addison Wesley, 318p, 2