



ISSN: 1984-3151

ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE EXPANSÃO TÉRMICA DE MISTURAS DE ÓLEO DIESEL E ÓLEO DE SOJA RESIDUAL

ESTIMATE OF THE THERMAL EXPANSION COEFFICIENT OF MIXTURES OF DIESEL OIL AND RESIDUAL SOYBEAN OIL

César Augusto Canciam

Mestre em Engenharia Química. UEM. 2001. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa – UTFPR. Ponta Grossa, PR.
canciam@utfpr.edu.br

Recebido em: 21/11/2012 - Aprovado em: 20/04/2013 - Disponibilizado em: 11/06/2013

RESUMO: A utilização de óleos vegetais residuais como fonte de energia alternativa vem ganhando espaço investigativo no Brasil, principalmente na produção de biocombustíveis e de misturas combustíveis com óleo diesel. O presente trabalho teve por objetivo estimar o coeficiente de expansão térmica de misturas de óleo diesel (OD) e óleo de soja residual (OSR) a partir da modelagem matemática de dados da massa específica em função da temperatura. As misturas estudadas foram: mistura 1 (25% OSR + 75% OD), mistura 2 (50% OSR + 50% OD) e mistura 3 (75% OSR + 25% OD). O intervalo de temperatura considerado foi de 25 a 90°C. Para a estimativa do coeficiente de expansão térmica foi realizada uma análise de regressão linear. Os valores do coeficiente de expansão térmica encontrados foram $7,7508 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$ (para a mistura 1), $8,3355 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$ (para a mistura 2) e $8,2249 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$ (para a mistura 3). Nas análises de regressão linear, os coeficientes de correlação foram próximos da unidade, indicando que para cada mistura a correlação é classificada como muito forte. A ausência na literatura de valores do coeficiente de expansão térmica para misturas OD + OSR dificultou a comparação com os valores encontrados.

PALAVRAS-CHAVE: Dilatação. Estimativa. Misturas combustíveis.

ABSTRACT: The use of residual vegetable oils as an alternative energy source is gaining momentum investigative in Brazil, mainly in the production of biofuels and blends with Diesel oil. This study aimed to estimate the thermal expansion coefficient of mixtures of Diesel oil (DO) and residual soybean oil (RSO) from the mathematical modeling of data of specific weight as a function of temperature. The mixture 1 (25% RSO + 75% DO), mixture 2 (50% RSO + 50% DO) and mixture 3 (75% RSO + 25% DO) were studied. The temperature range considered was 25 to 90°C. A linear regression analysis was performed to estimate the values of the thermal expansion coefficient. The thermal expansion coefficients were $7.7508 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$ (for the mixture 1), $8.3355 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$ (for the mixture 2) and $8.2249 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$ (for the mixture 3). In linear regression analysis, the correlation coefficients were close to unity, indicating that the correlation for each mixture is classified as very strong. The absence in the literature of the thermal expansion coefficients of the mixtures DO + RSO made it difficult the comparing with the values found.

KEYWORDS: Dilatation. Estimate. Fuel mixtures.

1 INTRODUÇÃO

A procura de fontes de energia capazes de substituir o petróleo e seus derivados vem sendo estudada em vários países. No Brasil, por exemplo, a energia

alternativa mais atraente tem sido a biomassa, destacando resíduos da agroindústria, o etanol proveniente da cana-de-açúcar e, mais recentemente, óleos vegetais residuais e *in natura* (SIQUEIRA, 2010).

O uso de óleos vegetais como combustível apresenta como vantagens: elevado poder calorífico quando comparado a outros combustíveis, ausência de enxofre em suas composições e o fato de ser de origem renovável. Entretanto, o uso direto de óleos vegetais como combustível para motores é problemático em virtude das altas viscosidades e densidades e baixas volatilidades, quando comparadas a outros combustíveis. Essas características comprometem a durabilidade do motor e geram vários problemas relacionados ao funcionamento do automóvel (MORAIS *et al.*, 2012).

Maronhas e colaboradores (2010) comentam que o uso de óleos vegetais em motores diesel dificulta a partida a frio (em razão da elevada viscosidade), pois ocorre a formação de gomas nos bicos injetores, o desgaste de componentes da bomba injetora (em virtude da acidez) e a formação de depósitos de carvão na câmara de combustão, nos cilindros e nas válvulas.

Já Siqueira (2010) comenta que o óleo diesel, quando misturado a óleos vegetais residuais, é uma alternativa viável. No entanto, verifica-se que outros estudos devem ser realizados com o objetivo de propor melhorias na injeção do combustível, a partir de diferentes proporções de mistura de óleo diesel e óleo vegetal residual.

Os materiais tendem a reagir diferentemente a uma variação da temperatura. Alguns materiais apresentam grande alteração nas suas dimensões com o aumento da temperatura, enquanto que outros praticamente não mudam suas dimensões. Tal comportamento está relacionado com a proximidade e com a interação de suas espécies químicas (átomos, moléculas ou íons) e consequentemente ao estado físico do material (JERÔNIMO; BALBINO; FERNANDES, 2012; JERÔNIMO, 2012; CANCIAM, 2008).

Líquidos e gases tendem a interagir de forma distinta aos sólidos e a líquidos e gases distintos entre si.

Dessa forma, o estudo da dilatação térmica em líquidos é feito somente em relação à dilatação volumétrica, sendo importante o conhecimento do coeficiente de expansão térmica (JERÔNIMO; BALBINO; FERNANDES, 2012; CANCIAM, 2008).

Assim, o conhecimento do coeficiente de expansão térmica permite (JERÔNIMO; BALBINO; FERNANDES, 2012; CANCIAM, 2012; SANTOS; VIEIRA, 2010; YOUNG; FREEDMAN, 2008):

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

A expansão térmica é variável e tende a manter uma relação direta com a composição química dos diferentes materiais líquidos (JERÔNIMO; BALBINO; FERNANDES, 2012).

Os valores do coeficiente de expansão térmica estão relacionados com a energia de ligação química entre as espécies. Materiais em que as ligações químicas são fortes apresentam baixos coeficientes de expansão térmica. Isso 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 do material estas 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 (JERÔNIMO, 2012; SANTOS; VIEIRA, 2010; CANCIAM, 2008).

O coeficiente de expansão térmica (β), também chamado de expansividade volumétrica ou coeficiente de expansão volumétrica, indica a variação de volume (V) provocada pela variação da temperatura (T), enquanto a pressão permanece constante (JERÔNIMO, 2012; CANCIAM, 2008).

O objetivo deste trabalho foi estimar o coeficiente de expansão térmica de misturas óleo diesel (OD) + óleo de soja residual (OSR). As misturas consideradas foram: mistura 1 (25% OSR + 75% OD), mistura 2 (50% OSR + 50% OD) e mistura 3 (75% OSR + 25% OD). A estimativa utilizou a modelagem matemática proposta por Siqueira (2010), que estudou a variação da massa específica das misturas óleo diesel + óleo de soja residual em função da temperatura.

2 METODOLOGIA

O cálculo do coeficiente de expansão térmica (β) seguiu a metodologia indicada por Canciam (2012). Para tanto, utilizou-se a modelagem matemática proposta por Siqueira (2010).

Siqueira (2010) estudou o efeito da temperatura sobre a massa específica de misturas óleo diesel (OD) + óleo de soja residual (OSR). Nesse trabalho, as porcentagens de óleo diesel (OD) e óleo de soja residual (OSR) estão em peso. Por exemplo, na mistura 1 (25% OSR + 75% OD), em 100 kg dessa mistura, 25 kg correspondem ao óleo de soja residual e 75 kg, ao óleo diesel.

As equações 1, 2 e 3, obtidas pelo pesquisador, indicam a modelagem matemática para massas específicas da mistura 1 (25% OSR + 75% OD) em função da temperatura (de 25 a 90°C) (Eq. 1).

A Eq. 2 para massas específicas da mistura 2 (50% OSR + 50% OD) em função da temperatura (de 25 a 90°C). Enquanto que a Eq. 3 para massas específicas da mistura 3 (75% OSR + 25% OD) em função da temperatura (na mesma faixa de temperatura). São elas:

$$d = 0,889684613 - 0,000660064 \cdot T \quad (1)$$

$$d = 0,90431029 - 0,000719204 \cdot T \quad (2)$$

$$d = 0,917667353 - 0,000720577 \cdot T \quad (3)$$

Onde d corresponde à massa específica da mistura (em g. mL⁻¹) e T , à temperatura (em °C).

Adotando o Sistema Internacional (SI) como padrão, as equações 1, 2 e 3 foram convertidas para o SI. A conversão para o SI seguiu a metodologia proposta por Brasil (2004).

Dessa forma, a Eq. 4 corresponde à massa específica (em kg.m⁻³) em função da temperatura (em °C) para a mistura 1. Para as misturas 2 e 3, as equações correspondentes são, respectivamente, a Eq. 5 e a Eq. 6.

$$d = 889,684613 - 0,660064 \cdot T \quad (4)$$

$$d = 904,318290 - 0,719204 \cdot T \quad (5)$$

$$d = 917,667353 - 0,720577 \cdot T \quad (6)$$

Com base nas equações 4, 5 e 6 foram elaboradas, respectivamente, as tabelas 1, 2 e 3.

A TAB. 1 indica os valores encontrados para a massa específica da mistura 1 (25% OSR + 75% OD) em função da temperatura (T). O intervalo de temperatura é de 25 a 90°C, com uma variação de 5°C.

A TAB. 2 indica os valores encontrados para a massa específica da mistura 2 (50% OSR + 50% OD) em função da temperatura (T). Enquanto que a TAB. 3 indica os valores encontrados para a massa específica da mistura 3 (75% OSR + 25% OD) em função da temperatura (T). Para essas tabelas, o intervalo de

temperatura é de 25 a 90°C, com uma variação de 5°C.

Tabela 1

Efeito da temperatura sobre a massa específica da mistura 1 (25% OSR + 75% OD)

Temperatura (°C)	Massa específica (kg.m ⁻³)
25	873,18
30	869,88
35	866,58
40	863,28
45	859,98
50	856,68
55	853,38
60	850,08
65	846,78
70	843,48
75	840,18
80	836,88
85	833,58
90	830,28

Tabela 2

Efeito da temperatura sobre a massa específica da mistura 2 (50% OSR + 50% OD)

Temperatura (°C)	Massa específica (kg.m ⁻³)
25	886,34
30	882,74
35	879,15
40	875,56
45	871,95
50	868,36
55	864,76
60	861,17
65	857,57
70	853,97
75	850,38
80	846,78
85	843,19
90	839,59

A partir dos valores relacionados nas tabelas TAB. 1, TAB. 2 e TAB. 3, aplicando a metodologia proposta por Canciam (2012), foram obtidos os coeficientes de

expansão térmica (β) para as misturas 1, 2 e 3, bem como os coeficientes de correlação (R^2).

Tabela 3

Efeito da temperatura sobre a massa específica da mistura 3 (75% OSR + 25% OD)

Temperatura (°C)	Massa específica (kg.m ⁻³)
25	899,65
30	896,05
35	892,45
40	888,84
45	885,24
50	881,64
55	878,04
60	874,43
65	870,83
70	867,23
75	863,62
80	860,02
85	856,42
90	852,82

Nos cálculos para a obtenção dos coeficientes de expansão térmica e de correlação, considerou que a temperatura inicial (T_0) equivale a 25°C e a massa específica inicial (d_0), à massa específica referente a esta temperatura para cada mistura OD + OSR estudada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FIG. 1 ilustra o gráfico de $\ln\left(\frac{d_v}{d}\right)$ versus $(T - T_0)$ para cada uma das misturas OD + OSR estudadas.

A TAB. 4 relaciona os valores encontrados para o coeficiente de expansão térmica (β) e para o coeficiente de correlação (R^2) a partir da análise de regressão de dados de $\ln\left(\frac{d_v}{d}\right)$ versus $(T - T_0)$.

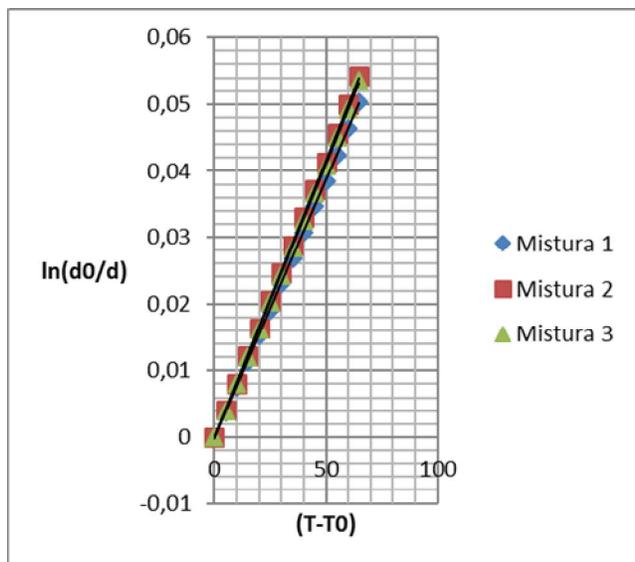


Figura 1 – Gráfico de $\ln\left(\frac{d_0}{d}\right)$ versus $(T - T_0)$ para as misturas OD + OSR estudadas

Tabela 4

Resultados da análise de regressão linear

Mistura	β ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	R^2
1	$7,7508 \times 10^{-4}$	0,9999
2	$8,3355 \times 10^{-4}$	0,9999
3	$8,2249 \times 10^{-4}$	0,9997

De acordo com Triola (2008), o coeficiente de correlação avalia a qualidade do ajuste, ou seja, se existe uma relação numérica linear para os pontos amostrais analisados.

Pode-se observar na TAB. 4 que o coeficiente de correlação, para todas as misturas, está próximo da unidade.

Lira (2004) comenta que a correlação linear é classificada como muito forte quando os valores do coeficiente de correlação são maiores ou iguais a 0,90 e menores que 1,0. Dessa forma, para todas as misturas OD + OSR estudadas, a correlação linear é classificada como muito forte.

Ainda, pode-se observar na TAB. 4, que o coeficiente de expansão térmica aumenta quando se eleva a

quantidade de óleo de soja residual (de 25% OSR para 50% OSR). Quando esta última é maior que 50%, o coeficiente de expansão térmica diminui. Isto provavelmente deve estar associado ao tipo de ligação intermolecular ocorrido nas misturas OD + OSR.

O óleo diesel é um combustível derivado do petróleo, constituído basicamente por hidrocarbonetos (compostos orgânicos que contêm átomos de carbono e hidrogênio). Alguns compostos presentes no óleo diesel, além de apresentarem carbono e hidrogênio, possuem também enxofre e nitrogênio. Normalmente, o óleo diesel é um combustível mais “pesado” do que a gasolina e mostra-se com cadeia carbônica de 6 a 30 átomos de carbono. Da composição do óleo diesel, participam hidrocarbonetos parafínicos, olefínicos e aromáticos (BRUICE, 2006).

Os hidrocarbonetos são compostos essencialmente apolares, uma vez que a diferença entre as eletronegatividades dos átomos de carbono e hidrogênio é muito pequena (SOLOMONS; FRYHLE, 2009).

Quando moléculas apolares interagem, o contato de uma molécula com outra faz com que exista uma força atrativa muito fraca, que pode ser classificada como uma interação dipolo induzido-dipolo induzido. Ou seja, as polarizabilidades entre as duas moléculas em contato irão determinar a força de interação. Essa interação também é conhecida como força de dispersão de London. Trata-se de uma interação muito fraca, que varia com o inverso da sexta potência da separação intermolecular (ROCHA, 2001).

Os óleos vegetais são constituídos principalmente de triacilgliceróis (mais que 95%), que são ésteres formados a partir da reação de esterificação completa de ácidos graxos (ácidos carboxílicos de cadeia longa) e glicerol. Além dos triacilgliceróis, os óleos vegetais apresentam em sua composição: monoacilgliceróis, diacilgliceróis, ácidos graxos livres, fosfolípidos,

esteróis e tocoferóis (BOCK; PERALTA, 2009; RINALDI *et al.*, 2007).

Os triacilgliceróis são compostos essencialmente apolares, pois as regiões polares de seus precursores (hidroxilas do glicerol e carboxilas dos ácidos graxos) desaparecem na formação das ligações éster (BRUICE, 2006).

Durante o processo de fritura, os óleos vegetais são expostos continuamente a vários fatores que levam a uma grande diversidade de reações químicas. Destacam-se as reações de hidrólise (formando ácidos graxos livres, monoacilgliceróis e diacilgliceróis) e/ou oxidação (formando peróxidos, hidroperóxidos, dienos conjugados, epóxidos, hidróxidos e cetonas) (DEL RÊ; JORGE, 2006).

As cetonas, por exemplo, são compostos polares em que as interações intermoleculares predominantes são do tipo dipolo permanente-dipolo permanente (SOLOMONS; FRYHLE, 2009).

As interações dipolo permanente-dipolo permanente, ou simplesmente dipolo-dipolo, ocorrem somente em moléculas polares, isto é, aquelas que não apresentam distribuição uniforme de carga ao longo de sua superfície. Nas cetonas, a nuvem eletrônica está mais deslocada no sentido do átomo de oxigênio, pois ele é mais eletronegativo que os átomos de carbono e hidrogênio (SOLOMONS; FRYHLE, 2009).

A interação intermolecular do tipo dipolo-dipolo é de intensidade média, pois se apresenta mais forte que a força de dispersão de London, porém menos intensa que a ligação de hidrogênio (BRUICE, 2006).

Nas misturas 1 (25% OSR + 75% OD) e 2 (50% OSR + 50% OD) provavelmente prevalecem as forças de dispersão de London, motivo que justifica valores maiores para o coeficiente de expansão térmica.

Para a mistura 3 (75% OSR + 25% OD), provavelmente prevalecem as interações do tipo dipolo-dipolo, motivo pelo qual justifica um

abaixamento no valor do coeficiente de expansão térmica.

Nesse sentido, recomenda-se que o comportamento do coeficiente de expansão térmica em relação às misturas óleo diesel (OD) + óleo de soja residual (OSR) seja estudado mais profundamente.

A TAB. 5 relaciona a ordem de aumento de volume de cada mistura estudada para uma variação de 10°C, considerando um volume de 1000 litros para cada mistura. Nessa mesma tabela, são indicadas as ordens de aumento de volume para os óleos diesel (CABRAL; LAGO, 2002) e de soja (CANCIAM, 2008). Para esses dois óleos, considerou-se um volume de 1000 litros com uma variação de temperatura correspondente a 10°C.

Tabela 5

Ordem de aumento de volume

Oleos	Ordem de aumento (litros)
Óleo diesel	7,47
Mistura 1	7,75
Mistura 2	8,34
Mistura 3	8,23
Óleo de soja	9,50

Através da TAB. 5, percebe-se que as misturas estudadas apresentam ordem de aumento entre os números verificados em relação ao óleo diesel e óleo de soja.

A ordem de aumento está relacionada com o coeficiente de expansão térmica (CABRAL; LAGO, 2002). Considerando o coeficiente de expansão térmica do óleo diesel ($9,50 \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$) (CABRAL; LAGO, 2002) e o coeficiente de expansão térmica do óleo de soja ($7,4676 \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$) (CANCIAM, 2008), os coeficientes de expansão térmica para as misturas óleo diesel (OD) + óleo de soja residual (OSR) estudadas encontram-se entre esses valores.

A ausência na literatura de valores do coeficiente de expansão térmica para misturas óleo diesel (OD) + óleo de soja residual (OSR) dificultou a comparação com os resultados encontrados.

4 CONCLUSÃO

O coeficiente de expansão térmica para as misturas óleo diesel (OD) + óleo de soja residual (OSR) estudadas variou de $7,7508 \times 10^{-4}$ (mistura de 25% OSR + 75% OD) a $8,3355 \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$ (mistura de 50% OSR + 50% OD), em um intervalo de temperatura que vai de 25 a 90°C. Para todas as misturas estudadas, as correlações lineares foram classificadas como muito fortes.

Com base nos valores encontrados para os coeficientes de expansão térmica, provavelmente,

para as misturas (25% OSR + 75% OD) e (50% OSR + 50% OD) prevalecem as forças de dispersão de London (predominantes no óleo diesel). Para a mistura (75% OSR + 25% OD) sobressaem-se as interações do tipo dipolo-dipolo (predominantes em alguns compostos polares encontrados nos óleos vegetais residuais).

Recomenda-se que o comportamento do coeficiente de expansão térmica em relação às misturas óleo diesel (OD) + óleo de soja residual (OSR) seja estudado mais profundamente.

A ausência na literatura de valores do coeficiente de expansão térmica para misturas óleo diesel (OD) + óleo de soja residual (OSR) dificultou a comparação.

Entretanto, constatou-se que os coeficientes de expansão térmica para as misturas estudadas encontram-se entre os coeficientes de expansão térmica do óleo diesel e óleo de soja.

REFERÊNCIAS

BOCK, P. M.; PERALTA, J. S. Alterações estruturais e nutricionais em lipídeos submetidos a processamento químico ou aquecimento. *Revista de Educação, Ciência e Cultura*, Canoas, v. 14, n. 2, 77 – 86, jul. – dez. 2009. Disponível em <<http://www.revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Educacao/article/view/145/162>> Acesso em: 20 nov. 2012. ISSN: 2236-6377.

BRASIL, N. I. *Introdução à Engenharia Química*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004. 369 p. ISBN: 85-7193-110-0.

BRUCE, P. Y. *Química Orgânica- volume 2*. 4ª Ed. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2006. 704 p. ISBN: 978-85-760-5068-1.

CABRAL, F.; LAGO, A. *Física 2*. 1ª Ed. São Paulo: Editora Harbra, 2002. 516 p. ISBN: 85-294-0237-5.

CANCIAM, C. A. Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de soja (*Glicine Max*). *Revista Tecnológica*, Maringá, v. 17, n. 1, 13 - 18, 2008.

Disponível em <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8563/5155>>. Acesso em: 21 nov. 2012. ISSN: 1517-8048.

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*, Ponta Grossa, v. 6, n. 2, 852 - 863, 2012. Disponível em <<http://revistas.utfpr.edu.br/pg/index.php/rbta/article/view/1061/883>> Acesso em: 20 nov. 2012. ISSN: 1981-3686.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 26, n. 1, 56 – 63, jan.- mar. 2006. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28849.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2012. ISSN: 1678-457X.

JERÔNIMO, C. E. M. Predição do coeficiente de dilatação térmica de naftas pela curva de destilação ASTM. *Revista Virtual de Química*, Niterói, v. 4, n. 4, 405 – 412, ago. 2012. Disponível em <<http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/viewFile/262/254>> Acesso em: 20 nov. 2012. ISSN: 1984-6835.

JERÔNIMO, C. E. M.; BALBINO, C. P.; FERNANDES, H. G. Coeficiente de dilatação volumétrica determinados pela curva ASTM em frações de petróleo. *Scientia Plena*, Aracaju, v. 8, n. 9, 1 – 8, set. 2012. Disponível em <<http://www.scienciaplena.org.br/ojs/index.php/sp/article/view/854/566>> Acesso em: 18 nov. 2012. ISSN: 1808-2793.

LIRA, S.A. *Análise de correlação*: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicação. 2004. 196 f. Dissertação (Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

MARONHAS, M. E. S. *et al.* Utilização de misturas de óleo de soja reutilizado com óleo diesel em um motor estacionário. *Revista de Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 18, n. 5, 390 – 397, out. 2010. Disponível em <<http://www.seer.ufv.br/seer/index.php/reveng/article/viewFile/132/129>> Acesso em: 16 nov. 2012. ISSN: 1414-3984.

MORAIS, A. L. *et al.* Caracterização da identidade e controle da qualidade de óleo vegetal, matéria-prima para produção de biodiesel. In: WORKSHOP AGROENERGIA: MATÉRIAS-PRIMAS, 6, 2012, Ribeirão Preto. *Resumos Workshop Agroenergia*. 2012. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2012. Disponível em <http://www.infobibos.com/agroenergia/cd/resumos/ResumoAgroenergia_2012_064.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2012.

RINALDI, R. *et al.* *Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral*. Química Nova, São Paulo, v. 30, n. 5,

1374 – 1380, set. – out. 2007. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n5/a54v30n5.pdf>> Acesso em: 14 nov. 2012. ISSN: 0100-4042.

ROCHA, W. R. Interações Intermoleculares. In: *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/interac.pdf>> Acesso em: 13 nov. 2012.

SANTOS, D. Q.; VIEIRA, D. F. *Determinação de coeficiente de expansão térmica do biodiesel e seus impactos no sistema de medição volumétrico*. Eclética Química, Araraquara, v. 35, n. 4, 107 – 112, 2010. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/eq/v35n4/14.pdf>> Acesso em: 10 out. 2012. ISSN: 0100-4670.

SIQUEIRA, W. C. *Utilização de misturas de óleo diesel e óleo de soja reutilizado em um trator agrícola de pneus*. 2010. 69 f. Dissertação (Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010. Disponível em <http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/13/TDE-2011-01-27T094142Z-2809/Publico/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2012.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. *Química Orgânica*- volume 2. 9ª Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2009. 518 p. ISBN: 852-16-1678-3.

TRIOLA, M. F. *Introdução à Estatística*. 10ª Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2008. 720 p. ISBN: 978-85-2161-586-6.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Física III- Termodinâmica e Ondas*. 12ª Ed. São Paulo: Editora Addison Wesley LTDA, 2008. 318 p. ISBN: 978-85-88639-33-1.