

INFLUÊNCIA DOS EFEITOS DA DILATAÇÃO TÉRMICA NA GASOLINA AUTOMOTIVA E ETANOL HIDRATADO COMBUSTÍVEL: ANÁLISE EXPERIMENTAL E COMPARATIVA

João Manoel de Oliveira Neto, joao_engmec@outlook.com¹

Paulo Victor da Silva Olinda, paulo_olinda@hotmail.com¹

Marcelo Bezerra Grilo, griloufcg@yahoo.com.br¹

¹Universidade Federal de Campina Grande, R. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900.

Resumo: O objetivo deste estudo é verificar a influência da dilatação térmica sobre a gasolina automotiva e o etanol hidratado combustível, comercializados no município de Campina Grande (PB), para posteriormente realizar a comparação da influência deste fenômeno sobre ambos, tomando como referência o horário e a região da cidade onde ocorre o abastecimento. O universo pesquisado consistiu em coletar as amostras de combustível em vinte e quatro (24) postos de comercialização, que foram visitados nos períodos noturno e diurno. Para avaliar os efeitos da dilatação térmica, no momento da coleta, em janeiro de 2016, foi realizado o teste do densímetro e feita a leitura da temperatura das amostras coletadas, para que o valor experimental obtido fosse confrontado com um valor obtido teoricamente. Os resultados obtidos foram, com uma variação média entre os períodos diurno e noturno, de 0,004 g/ml para o etanol e 0,005 g/ml para a gasolina, o combustível oriundo da região central da cidade apresentou uma maior variação de massa em relação ao da região periférica. Estes resultados mostram que a temperatura tem influência sobre os volumes comercializados, especialmente para a gasolina, por possuir um maior coeficiente de dilatação térmica. Este problema pode ser resolvido quando o combustível for comercializado em massa (kg) ao invés de volume (litro).

Palavras-chave: dilatação térmica, etanol hidratado, gasolina automotiva, biocombustíveis e temperatura.

1. INTRODUÇÃO

A diferença de temperatura entre o período mais quente e mais frio, ao longo do dia, faz com que o consumidor final acabe adquirindo quantidades diferentes de massa de combustível. (ALMEIDA SILVA, 2014). Isto acontece devido ao fenômeno da dilatação térmica dos líquidos, pois devido ao aumento gradual da temperatura, o líquido dilata termicamente, gerando um aumento em seu volume.

A dilatação térmica ou expansão volumétrica é o nome que se dá ao aumento do volume de um corpo ocasionado pelo aumento de sua temperatura, resultando em um aumento no grau de agitação de suas moléculas e consequentemente aumento na distância média entre as mesmas.

Termicamente, os líquidos se comportam como os sólidos, sofrendo uma dilatação volumétrica quando submetidos a uma variação de temperatura. (GONÇALVES, 1979). A dilatação aumenta o seu volume, mas mantém a sua massa constante, ou vice e versa.

Atribuindo-se a ideia de que os combustíveis são vendidos em padrões de volume, um litro de combustível adquirido em um período mais quente, devido ao fato do combustível estar dilatado termicamente, acaba por possuir uma menor quantidade de massa do que em um litro de combustível sob condições mais baixas de temperatura. Fenômeno esse notável no município de Campina Grande-PB, caracterizado por manhãs e tardes quentes e noites frias, ou seja, com um gradiente de temperatura expressivo entre os períodos diurno e noturno.

Motivado pelo crescimento da frota automotiva nas cidades e rodovias brasileiras e pelo respectivo aumento no preço e no consumo da gasolina e do etanol, faz-se necessário um estudo referente a influência da variação de temperatura sob estes combustíveis, de modo que a comercialização ocorra de uma forma que o usuário possa desfrutar ao máximo no que diz respeito às quantidades adquiridas.

2. METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho é exemplificada no fluxograma da Fig. 1.

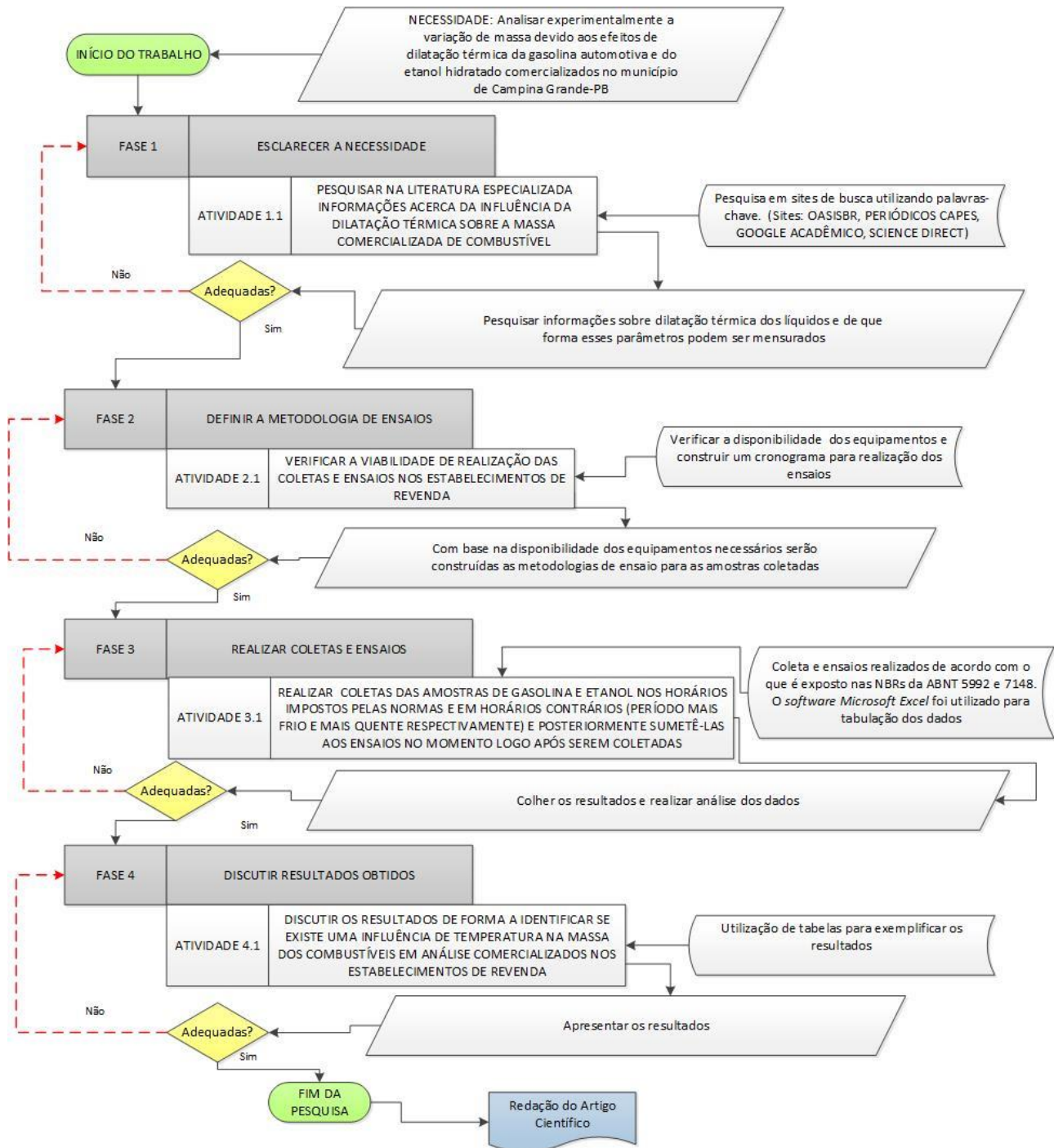


Figura 1. Fluxograma metodológico utilizado na pesquisa.

Após esclarecida a necessidade da análise da variação de massa da gasolina automotiva e do etanol hidratado comercializados na cidade de Campina Grande-PB devido aos efeitos da dilatação térmica, na Fase 1, realizou-se a pesquisa na literatura especializada para um melhor embasamento no conteúdo referente ao presente trabalho. Ainda na Fase 1 foi realizada uma pesquisa acerca da influência da dilatação térmica nos líquidos.

A gasolina e o etanol possuem coeficientes de dilatação térmica de $(\beta = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})$ e $(\beta = 1,12 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})$, respectivamente. O cálculo da variação em volume é expresso de acordo com a Eq. 1.

$$\Delta V = V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T \quad (1)$$

Onde:

ΔV : O quanto o combustível aumentou seu volume;

V_0 : Volume inicial do combustível;

β : Coeficiente de dilatação volumétrica;

ΔT : Variação de temperatura ($T_F - T_I$).

Sendo " V_0 " o volume inicial do combustível com coeficiente de dilatação volumétrica igual a " β ". Após sofrer uma variação de temperatura " ΔT ", seu volume final será " V_F ":

$$V_F = V_0 + V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T \quad (2)$$

Considerando a densidade específica inicial " ρ_0 " de uma determinada amostra com massa " m " e volume inicial " V_0 ", tem-se:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (3)$$

Substituindo a Eq. 3 na Eq. 2, e admitindo a massa constante, obtém-se a densidade específica final " ρ_F ".

$$\rho_F = \frac{m}{V_F} = \frac{m}{(V_0 + V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T)} \quad (4)$$

Por fim, a variação da densidade específica será:

$$\Delta \rho = \rho_F - \rho_0 = \frac{m}{(V_0 + V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T)} - \frac{m}{V_0} = - \frac{m \cdot \Delta T \cdot \beta}{(V_0 + V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T)} \quad (5)$$

Então, de acordo com a Eq. 5, observa-se que quanto maior for a temperatura, menor será a densidade específica, e consequentemente menor será a massa de combustível mantendo-se fixo o volume. Aqui é importante lembrar que o consumidor final paga pelo volume abastecido e não pela massa dos combustíveis adquiridos nos estabelecimentos de revenda.

Na Fase 3, Foram coletadas amostras de etanol hidratado no volume padrão de um (1) L, por envase em um recipiente plástico com capacidade de 5 litros, próprios para o uso de emergência na aquisição de combustíveis. Para seguir os procedimentos recomendados pelas NBRs ABNT 5992 e 7148, as coletas para o período noturno ocorreram no horário após 18:00 h, e para o período diurno, o horário de coleta foi entre as 12:00 e 16:00 h, períodos caracterizados por menores e maiores temperaturas respectivamente.

Na sequência, as amostras coletadas foram acondicionadas em vidros âmbar (cor marrom) de um (1) L, tamponados com batoques, e etiquetadas com o código numérico para identificação da amostra referente ao posto, de acordo com a relação previamente registrada no Laboratório Experimental de Máquinas Térmicas (LEMT). Sendo identificados por códigos alfa numéricos de PG1, PE1,, PG24/PE24. O material utilizado pode ser observado através da Fig. 2.

Após a coleta de cada amostra, logo em seguida, o combustível foi despejado em um recipiente graduado em 500 ml. Foi feita a leitura da temperatura do combustível com o auxílio de um termômetro de mercúrio e realizado o teste do densímetro em uma superfície plana por mais ou menos dois minutos, foi obtida a leitura da densidade específica real, similar ao que é exigido pelas NBRs ABNT 5992 e 7148, atendendo também aos padrões de qualidade. Os valores obtidos foram confrontados, logo em seguida, com os valores teóricos. Os valores de massa (m) utilizados para a obtenção dos valores teóricos, foram os obtidos das amostras coletadas no período noturno, pelo fato dos efeitos da dilatação térmica serem menores, para, por fim calcular quanto em massa o consumidor final deixou de adquirir de acordo com as condições de temperatura no horário e região do abastecimento.

Na Fase 4, os resultados foram apresentados e discutidos de forma a identificar a que ponto a variação de temperatura, e consequentemente os efeitos da dilatação térmica, influenciam na massa da gasolina automotiva comum tipo C e do etanol hidratado comercializados nos estabelecimentos de revenda.



Figura 2. Material para coletas das amostras testemunhos de gasolina e etanol.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi confrontada a variação da densidade ou massa específica do combustível de acordo com a Eq. 5 ($\Delta\rho_{\text{teórico}}$) e baseando-se na leitura da temperatura do combustível no momento do abastecimento, com os dados obtidos de acordo com os testes experimentais ($\Delta\rho_{\text{real}}$). Estas variações também foram analisadas levando em consideração o horário e região em que foram coletadas as amostras, como mostrado nas Tabs. 1 e 2.

Foi constatado de acordo com a Tab. 1 que para a gasolina houve uma variação média de temperatura e densidade de 5,04 °C e 0,005 g/ml entre os períodos diurno e noturno, caracterizados como mais quente e mais frio respectivamente. A região central apresentou uma variação de 0,004 g/ml, e a periférica manteve a média de 0,005 g/ml. Isso se deu pelo fato de que a variação média de temperatura na região central foi de 4,75 °C, menor que 5,24 °C, que foi o valor médio obtido para a região periférica. As médias reais obtidas para os valores de densidade foram as mesmas para as obtidas de acordo com a Eq. 5, correspondente aos valores teóricos, assegurando uma boa precisão da metodologia de ensaio utilizada.

Posto	T (°C) (Noturno)	Massa específica (noturno) (g/ml)	T (°C) (Diurno)	Massa específica (diurno) (g/ml)	Região	$\Delta\rho$ (g/ml) (real)	$\Delta\rho$ (g/ml) (teórico)
PG1	26,9	0,740	32,2	0,735	Periférico	0,005	0,005
PG2	26,0	0,741	31,2	0,736	Central	0,005	0,005
PG3	26,2	0,741	31,6	0,736	Central	0,005	0,005
PG6	26,1	0,741	31,3	0,736	Central	0,005	0,005
PG7	28,3	0,739	33,4	0,734	Central	0,005	0,004
PG8	27,4	0,740	32,1	0,736	Central	0,004	0,004
PG9	27,6	0,740	32,8	0,735	Periférico	0,005	0,005
PG10	26,0	0,741	30,7	0,736	Central	0,005	0,004
PG11	26,8	0,742	31,6	0,738	Central	0,004	0,004
PG12	27,1	0,741	31,1	0,737	Periférico	0,004	0,004
PG13	26,2	0,741	31,0	0,736	Central	0,004	0,004
PG14	26,3	0,745	30,4	0,741	Central	0,004	0,004
PG15	26,0	0,741	31,4	0,736	Central	0,005	0,005
PG18	26,3	0,741	31,8	0,736	Periférico	0,005	0,005
PG19	26,4	0,740	31,6	0,735	Periférico	0,005	0,005
PG22	27,0	0,741	32,6	0,736	Periférico	0,005	0,005
PG23	26,6	0,742	31,9	0,737	Periférico	0,005	0,005
PG24	26,3	0,741	31,1	0,737	Periférico	0,004	0,004
PG26	26,2	0,741	31,4	0,735	Periférico	0,005	0,006
PG27	26,1	0,741	31,7	0,736	Periférico	0,005	0,005
PG30	26,4	0,742	32,0	0,736	Periférico	0,005	0,005
PG31	26,9	0,740	31,8	0,735	Periférico	0,005	0,004
PG32	27,1	0,740	30,2	0,737	Central	0,003	0,003
PG47	27,0	0,741	33,2	0,736	Periférico	0,005	0,005

Tabela 1. Variação da densidade (g/ml) da gasolina tipo C comum em função da variação da temperatura, com as coletas simulando o abastecimento noturno e diurno, nas regiões central e periférica – janeiro 2016.

Para o etanol, de acordo com a Tab. 2, houve uma variação média de temperatura e densidade de 4,55 °C e 0,004 g/ml entre os períodos diurno e noturno. As regiões central e periférica apresentaram a mesma variação de 0,004 g/ml. Ambas obtiveram variações médias de temperatura muito próximas, de 4,46 °C e 4,63 °C. Assim como para a gasolina, os valores reais médios obtidos foram os mesmos obtidos de acordo com a Eq. 5.

Posto	T (°C) (Noturno)	Densidade (noturno)	T (°C) (Diurno)	Densidade (diurno)	Região	$\Delta\rho$ (g/ml) (real)	$\Delta\rho$ (g/ml) (teórico)
PE1	26,1	0,802	30,9	0,798	Periférico	0,004	0,004
PE2	26,2	0,802	30,4	0,798	Central	0,004	0,004
PE3	25,7	0,804	32,2	0,798	Central	0,006	0,006
PE6	26,0	0,802	30,3	0,798	Central	0,004	0,004
PE7	26,4	0,802	31,8	0,798	Central	0,004	0,005
PE8	26,3	0,802	30,2	0,799	Central	0,003	0,003
PE9	26,2	0,802	32,1	0,798	Periférico	0,004	0,005
PE10	27,3	0,800	30,3	0,798	Central	0,002	0,003
PE11	27,1	0,802	31,2	0,798	Central	0,004	0,004
PE12	27,1	0,802	31,3	0,798	Periférico	0,004	0,004
PE13	26,6	0,802	30,1	0,798	Central	0,004	0,003
PE14	27,2	0,802	31,3	0,798	Central	0,004	0,004
PE15	27,0	0,800	31,5	0,796	Central	0,004	0,004
PE18	26,3	0,802	30,2	0,798	Periférico	0,004	0,003
PE19	27,8	0,802	32,4	0,798	Periférico	0,004	0,004
PE22	26,4	0,802	31,1	0,798	Periférico	0,004	0,004
PE23	27,2	0,800	30,2	0,798	Periférico	0,002	0,002
PE24	27,8	0,802	32,7	0,798	Periférico	0,004	0,004
PE26	27,1	0,802	31,4	0,798	Periférico	0,004	0,004
PE27	26,4	0,800	30,9	0,796	Periférico	0,004	0,004
PE30	27,1	0,802	32,2	0,798	Periférico	0,005	0,004
PE31	26,5	0,802	31,0	0,798	Periférico	0,004	0,004
PE32	27,7	0,802	32,8	0,798	Central	0,004	0,005
PE47	26,2	0,802	31,9	0,796	Periférico	0,006	0,005

Tabela 2. Variação da densidade (g/ml) do etanol comum em função da variação da temperatura, com as coletas simulando o abastecimento noturno e diurno, nas regiões central e periférica – janeiro 2016.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos quanto a variação da densidade específica da gasolina e do etanol, foi obtido uma média real e teórica de 0,005 e 0,004 g/ml para uma variação média de temperatura de 5,04 e 4,55°C, entre os períodos diurno e noturno. A variação da densidade específica entre a região central e periférica para o etanol manteve-se constante, mas para a gasolina houve uma diferença. Esses dados comprovam que o efeito da dilatação térmica sobre a gasolina é maior do que no etanol, isso pelo fato do derivado do petróleo obter um maior coeficiente de dilatação térmica, sendo mais sensível aos efeitos do aumento da temperatura, que influencia diretamente no aumento do seu volume.

No momento da compra dos combustíveis, os mesmos são vendidos em volume (litros). Como a massa varia em função da temperatura, o consumidor final, acaba levando uma maior quantidade em massa (kg) para um volume fixo de combustível, quando realiza o abastecimento no período noturno. Essa variação é significativa quando é comprado combustível em grandes quantidades. Para uma logística mais eficiente, gerando maior satisfação ao consumidor final e máxima eficiência energética dos combustíveis, os fatores explanados no presente trabalho devem ser levados em consideração, ou seja, o combustível deveria ser vendido em massa, e não em volume. Enquanto forem vendidos em volume, preferencialmente realizar o abastecimento em períodos onde a temperatura não esteja tão acentuada, pois os efeitos da dilatação térmica são menores.

5. AGRADECIMENTOS

A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Petrobrás pelo financiamento da minha pesquisa.

Ao Programa de Recursos Humanos (PRH-42) pela gestão dos recursos e planejamento estratégico no que diz respeito ao desenvolvimento da pesquisa e em especial ao Prof. Dr. Marcelo Bezerra Grilo pela excelência na orientação neste projeto.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e ao Laboratório Experimental de Máquinas Térmicas (LEMT), por oferecer recursos necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA SILVA, Felipe Augusto. “Estudo sobre a Qualidade da Gasolina Comercializada em Campina Grande e da Variação de sua Massa Específica em função do Horário de Abastecimento”. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5992: Álcool etílico e suas misturas com água - Determinação do teor de álcool etílico anidro combustível (AEAC) – Método do densímetro, Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7148: Petróleo e produtos de petróleo: Determinação da massa específica, densidade relativa e °API - Método do densímetro. Rio de Janeiro, 2013.

CASULO DE ARAÚJO, Helder Giuseppe. “Estudo experimental sobre a qualidade da gasolina comercializada no estado da Paraíba com o uso da norma ABNT 13992:2008 e do planejamento fatorial”. 2013. 91 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2013.

DOMINGOS, I. S. *et. al.*, “Determinação do aspecto, massa específica e teor de etanol de amostras de gasolina tipo C comum, comercializadas em Patu-RN”. In: I CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, número 1. 2015, Campina Grande, PB. *Anais...* Campina Grande: Editora Realize, 2015. 7p.

GONÇALVES, Dalton. “Física: Termologia, ótica, ondas”. Vol. 1, 3ª edição. Capítulo 2: dilatação térmica, São Paulo: editora moderna, 1979.

OLIVEIRA NETO, J. M., EMERENCIANO, L. F., GRILO, M. B., “Análise experimental da gasolina comercializada em Campina Grande, incluindo a influência do horário de abastecimento e a localização do posto de combustível”. In: I CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, número 1. 2015, Campina Grande, PB. *Anais...* Campina Grande: Editora Realize, 2015. 8p.

OLIVEIRA NETO, J. M., GRILO, M. B., “Análise experimental da variação de massa da gasolina comercializada na cidade de Campina Grande-PB devido os efeitos da dilatação térmica”. In: II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, número 2. 2016, Natal, RN. *Anais...* Natal: Editora Realize, 2016. 8p.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores vêm por meio desta declarar que o artigo intitulado “INFLUÊNCIA DOS EFEITOS DA DILATAÇÃO TÉRMICA NA GASOLINA AUTOMOTIVA E ETANOL HIDRATADO COMBUSTÍVEL: ANÁLISE EXPERIMENTAL E COMPARATIVA” aprovado para publicação no X Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM) é um trabalho original, que não foi publicado ou está sendo considerado para publicação em outra revista, que seja no formato impresso ou no eletrônico.

INFLUENCE OF THE EFFECTS OF THERMAL DILATATION IN AUTOMOTIVE GASOLINE AND FUEL HYDRATED ETHANOL: AN EXPERIMENTAL AND COMPARATIVE ANALYSIS

João Manoel de Oliveira Neto, joao_engmec@outlook.com¹

Paulo Victor da Silva Olinda, paulo_olinda@hotmail.com¹

Marcelo Bezerra Grilo, griloufeg@yahoo.com.br¹

¹Universidade Federal de Campina Grande, R. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900.

Abstract: *The objective of this study is to verify the influence of thermal dilatation on automotive gasoline and hydrated ethanol sold in the city of Campina Grande (PB) and perform a comparison of the influence of the phenomenon on both, taking as reference the time and region of the city where the supply occurs. The universe surveyed consisted of collecting fuel samples in twenty-four (24) gas stations, which were visited in the night and day periods. In order to evaluate the effects of thermal dilatation at the time of collection in January 2016, it was performed with the densimeter test and a reading of the temperature of the collected samples was made, so that the obtained value was compared with a theoretically obtained value. The results obtained were, with a mean variation between the day and night periods, of 0.004 g/ml for ethanol and 0.005 g/ml for gasoline, the fuel coming from the central region of the city presents a greater variation of mass in relation to the peripheral region. These results show that the temperature influences the commercialized volumes, especially for gasoline, because it has a higher coefficient of thermal dilatation. This problem can be solved when the fuel is marketed in mass (kg) rather than volume (liter).*

Keywords: *thermal dilatation, hydrated ethanol, automotive gasoline, biofuels and temperature.*