

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DETERMINAÇÃO DA RAZÃO DA MISTURA ÁLCOOL-GASOLINA POR SENSORIAMENTO ÓPTICO

Rafael T. Takeishi¹, Edmilton Gusken, Henrique G.E. de Souza, Bernardo M. Meirelles, Carlos K. Suzuki²

¹UNICAMP, Faculdade de Engenharia Mecânica, Laboratório de Materiais & Dispositivos Fotônicos, CP. 6122, CEP: 13083-970, Campinas, SP.

¹rttakeishi@fem.unicamp.br, ²suzuki@fem.unicamp.br

Com o crescente aumento no consumo dos biocombustíveis, tendo em vista a preocupação com o meio ambiente, bem como a limitação dos combustíveis fósseis, a indústria automotiva vem investindo na tecnologia de veículos bi-combustíveis, que podem usar álcool, gasolina ou a mistura dos dois.

Dentre as diversas metodologias para se determinar a razão da mistura álcool-gasolina, existe a possibilidade de utilização de dispositivos ópticos para a determinação da concentração desta razão de mistura de combustíveis através de seu índice de refração. Entretanto, em virtude da variação desta grandeza em função da temperatura, é necessário que se estabeleça metodologias para a sua correção de acordo com a temperatura em que se encontra.

A presente pesquisa teve como principal objetivo o estudo do efeito da temperatura e a metodologia de correção dos valores das concentrações das misturas bi-combustíveis. O efeito da temperatura no álcool, na gasolina, e na mistura dos dois foi realizada com um refletômetro óptico. Foram analisadas amostras de álcool hidratado, gasolina tipo C, e misturas com diferentes concentrações desses combustíveis, todas elas submetidas a temperaturas de 0 a 40 °C. Como resultado, foi proposto um algoritmo para correção do efeito da temperatura na identificação da concentração da mistura.

Sensor óptico, mistura álcool-gasolina, efeito da temperatura, índice de refração.

1. INTRODUÇÃO

A produção e o uso de biocombustíveis, como o etanol ou o biodiesel produzido pela esterificação de óleos vegetais ou animais (óleo de dendê, mamona, frango, entre outros), pode apresentar vantagens econômicas, sociais e ambientais. Como é bastante conhecido, algumas das contribuições em termos ambientais são: (i) redução das emissões, tais como, o monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de enxofre e nitrogênio, e (ii) redução das emissões dos gases que provocam o chamado "efeito estufa", principalmente o dióxido de carbono (CO₂). Por essas razões, o consumo de biocombustíveis tem aumentado de forma global.

Para atender a necessidade de redução de emissão de gases poluentes, a indústria automotiva investiu no desenvolvimento da tecnologia de automóveis bi-combustíveis, que aceitam diferentes combustíveis ou a mistura deles, tais como a mistura álcool-gasolina. Contudo, gerou-se a necessidade de um dispositivo capaz de determinar as concentrações das misturas de combustíveis, visando uma melhora no processo de queima. O sistema atual para a determinação da concentração da mistura é através do sensor lâmbda, cuja detecção é realizada nos gases pós-combustão. Nesse sentido torna-se de interesse o desenvolvimento de um dispositivo sensor capaz de determinar a concentração da mistura pré-combustão, de forma rápida e precisa. Neste sentido, dispositivos ópticos de sensoriamento para a medida de parâmetros físicos ou químicos diversos têm sido desenvolvidos (KERSEY *et al.* 1990, LEE 2002, VALENTI 2002, DALMON *et al.*, 2007).

Um determinado tipo de sensor óptico para a medida da concentração da mistura de combustíveis pode se basear na variação do índice de refração da mistura, entretanto, parâmetros ambientais, como por exemplo a temperatura pode alterar o índice de refração do combustível (YALTKAYA *et al.* 2001). Por esse motivo é de interesse vital em tal tipo de tecnologia o entendimento da influência da temperatura no índice de refração da mistura, para que o valor medido possa ser corrigido apropriadamente.

O objetivo deste trabalho é estudar e corrigir o efeito da temperatura na determinação da concentração álcool-gasolina através de um sensor óptico.

2. REVISÃO LITERÁRIA

Sensores a fibra óptica têm sido responsáveis pela medição de várias grandezas físicas e químicas, pois apresentam vantagens devido às características inerentes às tecnologias fotônicas, tais como, tamanho e peso diminuto, longa distância de transmissão de sinais (baixa atenuação), flexibilidade, baixa reatividade do material,

isolamento elétrico, imunidade eletromagnética, e grande capacidade de transmitir dois ou mais sinais em um único canal de sensores ao longo da mesma fibra óptica. Estes sensores apresentam uma série de características que os distinguem dos convencionais, pois podem ser utilizados em situações que demandam monitoramento remoto, como imersão em líquidos (CAETANO 2001).

Agustin Fresnel verificou mais a fundo o efeito de refletividade da luz na interface de dois meios diferentes. De acordo com o princípio de Fresnel, nem todo o feixe luminoso que trafega num certo meio (meio 1) é transmitido para o segundo meio (meio 2) de índice de refração diferente, sendo que parte deste feixe é refletido na interface entre os dois meios. Isso ocorre devido à diferença do índice de refração entre estes meios (TRANSFERETTI *et al.* 2001). No caso de um sensor óptico, o núcleo da fibra óptica onde é efetuado o guiamento da luz corresponde ao meio 1, e o líquido onde se encontra a ponta da fibra corresponde ao meio 2. Desta forma, é possível determinar diferentes substâncias, tais como álcool, gasolina ou a concentração da mistura, através da diferença de intensidades de feixes refletidos (reflectância). Essa variação de intensidade refletida acontece devido à diferença dos índices de refração dos líquidos, no caso de uma mistura isso também acontece, pois o índice de refração depende da fração volumétrica de cada substância (PANDEY 1999).

A temperatura também exerce uma forte influência no valor do índice de refração, uma vez que se observa uma mudança significativa dessa propriedade óptica quando se varia a temperatura do líquido (MENDES 1997).

3. METODOLOGIA

Foram preparadas soluções de mistura álcool-gasolina, com concentração de álcool hidratado (grau PA) e gasolina tipo C com as seguintes composições: 0, 20, 40, 50, 60, 80 e 100% de álcool hidratado em volume.

Utilizou-se um refletômetro óptico, com comprimento de onda de 1550 nm e uma fibra óptica sensora para as medidas das soluções. As soluções foram acondicionadas em balões volumétricos e colocados em um banho térmico, da marca Quimis, modelo Q-215. As medidas ópticas foram obtidas às temperaturas de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, e 40 °C. A representação esquemática da montagem experimental e da amostra submetida ao banho térmico é apresentada na Figura 1.

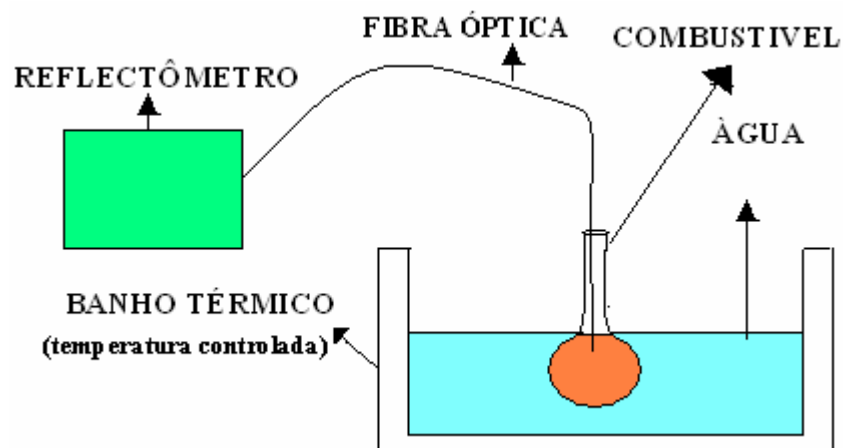


Figura 1. Representação esquemática do arranjo experimental constituído por um refletômetro óptico, uma fibra óptica, mistura de combustível e banho térmico utilizados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Variação da intensidade da luz refletida em função da concentração

Como previsto pelo princípio de Fresnel, verificou-se um aumento da intensidade da luz refletida na interface fibra-combustível em função do aumento da concentração de álcool, ou seja, em função da redução dos valores do índice de refração. Observou-se também um aumento da intensidade da luz refletida com o aumento da temperatura do combustível, para todas as proporções de misturas álcool-gasolina. Estes resultados podem ser observados na figura 2, que apresentam curvas de intensidade luminosa versus composição da mistura para diversas temperaturas no intervalo de 0 a 40 °C com variações ΔT de 5 em 5°C.

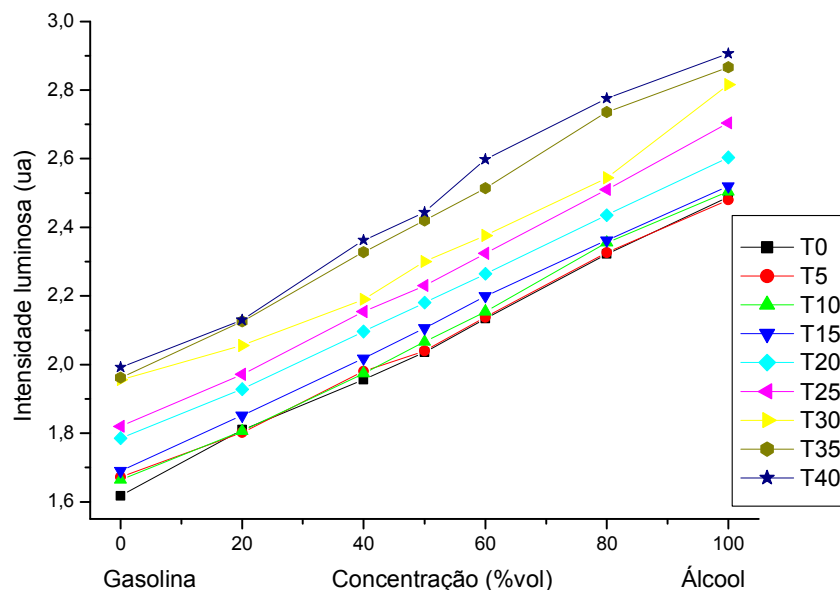


Figura 2. Variação da intensidade do feixe refletido na interface fibra-combustível e o efeito da temperatura para as misturas das soluções álcool-gasolina.

4.2. Efeito da variação da intensidade do feixe em função da temperatura

Verificou-se que as curvas de intensidades refletidas para diferentes valores de temperatura apresentaram comportamentos similares, ou seja, a taxa de variação da intensidade foi a mesma para o álcool, a gasolina, e para as suas misturas considerando o mesmo intervalo de temperatura (figura 3). Desta forma, foi possível determinar a variação da intensidade em função da temperatura para qualquer razão de mistura (figura 4).

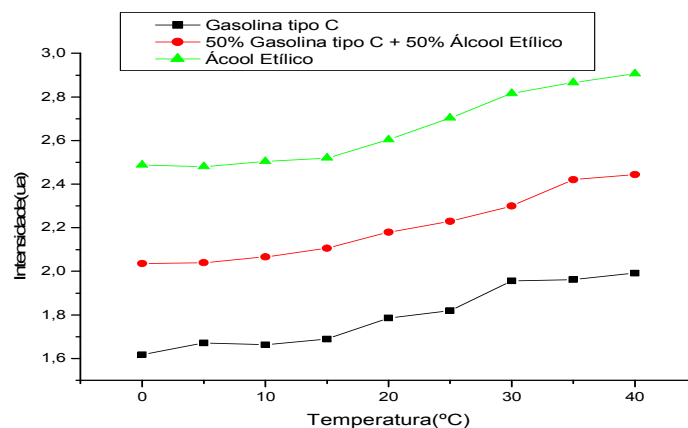


Figura 3. Efeito da temperatura na intensidade do feixe refletido, para o álcool, a gasolina e a mistura 50% álcool e 50% gasolina.

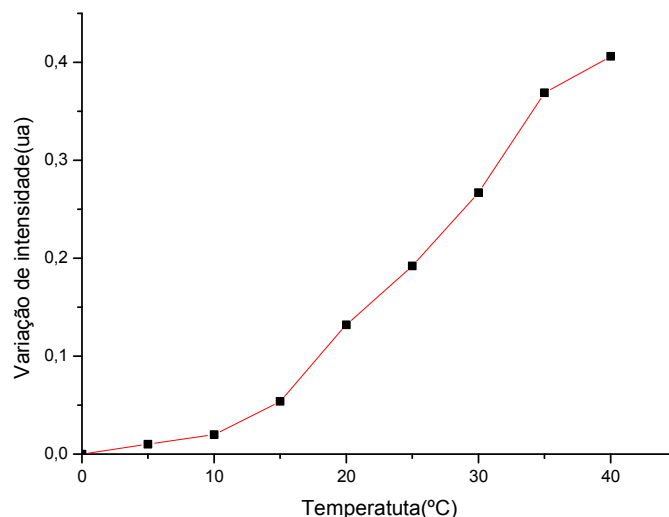


Figura 4. Variações médias da intensidade luminosa refletida em função da temperatura.

Os valores obtidos da variação da intensidade pela variação da temperatura possibilitam efetuar um ajuste polinomial da curva experimental como representado na figura 5. Como resultado, obtem-se a expressão empírica (1).

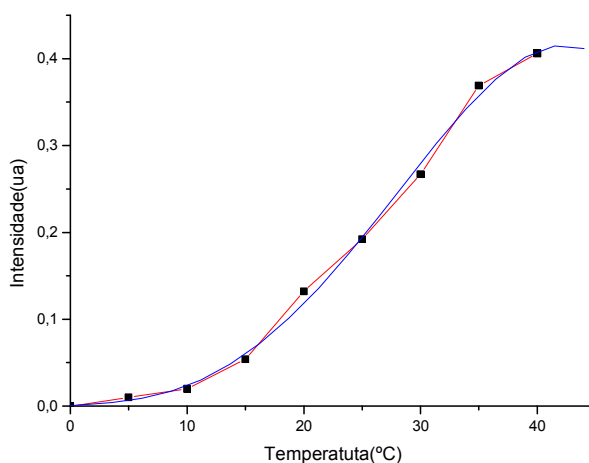


Figura 5. Ajuste polinomial da variação da intensidade refletida em função da temperatura.

Os valores obtidos das variações das intensidades pelas variações da temperatura, possibilitando efetuar um ajuste polinomial da curva experimental como representado na figura 5, obtendo-se a expressão empírica (1).

$$\Delta I(T) = 6,77 \cdot 10^{-4} + 9,19 \cdot 10^{-4} \cdot T - 5,06 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 2,27 \cdot 10^{-5} \cdot T^3 - 3,92 \cdot 10^{-7} \cdot T^4, \quad (1)$$

onde, ΔI , representa a intensidade em função da temperatura, e T , a temperatura normalizada a 0°C.

Posteriormente, utilizando os resultados da curva de calibração, para as medidas efetuadas a 0°C, efetuou-se ajuste polinomial da concentração da mistura em função da intensidade, obtendo a equação:

$$C(I_0) = -186,5 + 115,3 \cdot I_0, \quad (2)$$

onde $C(I_0)$, representa a concentração em função da intensidade refletida, e I_0 representa a intensidade do feixe de luz refletido, para a temperatura de 0 °C.

A intensidade medida pelo reflectômetro, variando a temperatura, corresponde a intensidade a temperatura de 0 °C, acrescida do fator de correção, que a variação da intensidade em função da temperatura, a qual se obtém a equação:

$$I_{Medido} = I_0 + \Delta I \quad (3)$$

Combinando as equações 1, 2 e 3, pode se obter a concentração da mistura de combustíveis em função da intensidade luminosa e da temperatura, que pode ser descrita como:

$$C(I, T) = -186,5 + 115,3 \cdot (I_{Medido} - \Delta I(T)) \quad (4)$$

$$C(I, T) = -186,5 + 115,3 \cdot (I_{Medido} - (6,77 \cdot 10^{-4} + 9,19 \cdot 10^{-4} \cdot T - 5,06 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 2,27 \cdot 10^{-5} \cdot T^3 - 3,92 \cdot 10^{-7} \cdot T^4)) \quad (5)$$

Utilizando as medidas experimentais de intensidades refletidas, para cada temperatura, e aplicando a equação (5), obtem-se os valores de concentração calculada, a qual são comparadas com os valores nominais de concentração das misturas, sendo apresentada na figura 6.

Os valores calculados de concentração em relação aos valores nominais foram próximos, o que se verificou analisando o valor do coeficiente angular da curva, esse valor foi de 1,019, que é próximo do valor ideal que seria 1,00, e através do fator de ajuste R (correlação de coeficiente) é indicando um ótimo ajuste dos pontos experimentais como o ajuste linear.

Calculando-se a média dos desvios das concentrações calculadas das misturas, para cada intensidade e temperatura, em relação a concentração nominal, verificou-se um erro médio de 3% da leitura da concentração da mistura dos combustíveis, álcool-gasolina, adotando o procedimento de correção de temperatura.

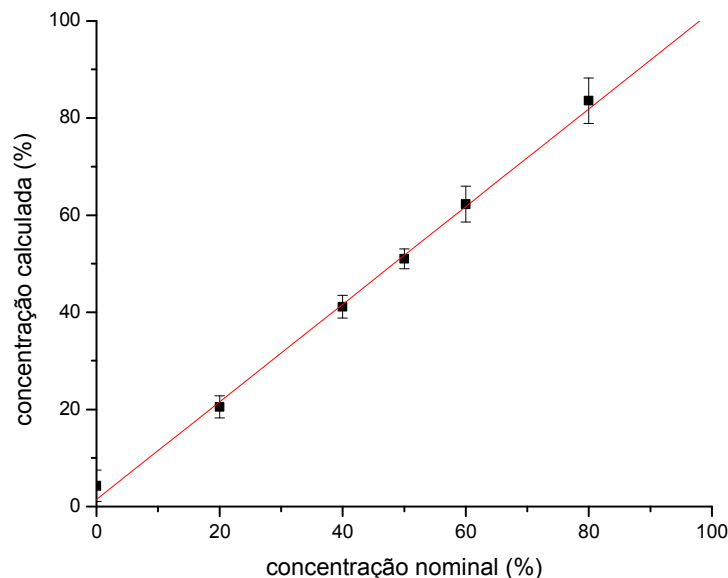


Figura 6. Comparação entre os valores nominais de concentração da mistura com os valores experimentais. A curva em vermelho corresponde ao ajuste linear entre os valores de concentração nominal e experimental.

5. CONCLUSÃO

A intensidade luminosa refletida sofre forte influência da temperatura. A taxa de variação da intensidade refletidas em função da concentração de misturas álcool-gasolina obtidas para diferentes temperaturas apresentaram valores similares. Da mesma forma, a taxa de variação da intensidade refletida em função da temperatura foram também similares para diferentes concentrações de mistura.

Os valores da concentração da mistura álcool-gasolina obtidos experimentalmente com correção do efeito da temperatura encontram-se próximos do valor nominal com um desvio médio da ordem de $\pm 3\%$, o que demonstra a potencialidade do sensor óptico para aplicações na indústria automotiva.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FAPESP, CNPq, CNPq-RHAE e Capes pela concessão das bolsas e auxílio à pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAETANO, L. A. C, “Estudo experimental do processo de difusão em folhelhos usando fibra óptica”, 2001
2. DALMON, D. L, Gusken, E, Mercado, A. C, Suzuki, C. K, “Sensor óptico para determinação de concentração em misturas de combustíveis”, 2007
3. KERSEY, A.D., Dandridge, A., “Applications of fiber-optics sensor”, IEEE transactions on components, hybrids, and manufacturing technology, v. 13, n. 1, pp. 137-143, 1990.
4. LEE, B, “Review of the present status of optical fiber sensors”, vol. 9, pp. 57-79, 2003
5. MENDES, H. C, “Óleo de babaçu: estudo refratométrico e Avaliação multivariada do perfil cromatográfico”, 1997.
6. PANDEY, J. D, “Speed of sound, viscosity and refractive index of multicomponent systems: theoretical predictions from the properties of pure components”, 1999
7. TRANSFERETTI, B. C, Davanzo, C. U, “Introdução às técnicas de reflexão especular e reflexão-absorção no infravermelho: (1) reflexão especular”, 2001
8. VALENTI, L. C. G, “Técnicas de leitura para sensores a fibra óptica baseados em redes de Bragg”, 2002
9. YALTKAYA, S, Aydim, R, “Experimental investigation of temperature effect on the refractive index of dye laser liquids”, 2002

EFFECT OF TEMPERATURE IN THE DETERMINATION OF ALCOHOL-GASOLINE MIXTURE RATIOS BY OPTICAL SENSING

Motivated by environmental issues and the excessively high cost of oil, the automotive industries have been concentrating efforts in the dual-fuel vehicle technologies powered by alcohol-gasoline system. Among the various methodologies for real time determination of alcohol-gasoline mixture ratios, there exists the possibility to utilize optical apparatuses, such as a reflectometer for the measurement of the refraction index of the liquid fuel. However, the dependence of this property with temperature impinges the development of new techniques in order to correct the data according to the exact temperature of fuel.

The main objective of the present research is to study the effect of temperature, and to develop a methodology to correct the concentration values of mixtures of dual-fuel system. The measurement of temperature effect on alcohol, gasoline, and their mixtures was performed by using an optical reflectometer. Different ratios of hydrous alcohol and type C gasoline mixtures were measured at temperatures ranging from 0 to 40°C. The experimental procedure was very successful in the development of an algorithm to correct the effect of temperature and to establish a low cost, real time, method of identification of the concentration mixture.

Optic sensor, Alcohol-gasoline mixture, effect of the temperature, refractive index

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo