Unisanta Science and Technology, **2017, 18, December**
Published Online 2017 Vol.6 N°2 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Estudo das Propriedades de Combustíveis Especiais destinados às Indústrias Montadoras de Veículos no Brasil

Ulysses Ramos, William Aparecido Celestino Lopes, Wilson Biguetti, Fábio dos Santos Silva e Dorotéia Vilanova Garcia

[1]**Unisanta** – Universidade Santa Cecília –Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica -PPGEMec
Rua Oswaldo Cruz, 266- Santos-SP, Brasil

E-mail: ulysses.ramos@uol.com.br
Received May, *2017*

Resumo: A capacidade disponível do parque industrial automobilístico nos últimos dois anos, fez com que as matrizes das empresas montadoras solicitassem às filiais brasileiras, produtos para exportação. Para tanto, as montadoras utilizam combustíveis especiais para desenvolvimento de novos motores. O objetivo deste estudo foi desenvolver uma aplicação em MatLab, capaz de simular os valores das propriedades destes combustíveis, utilizando matérias primas conhecidas. É limitação deste estudo a simulação de propriedades que não se comportam de forma aditiva. Como resultado, a simulação gerou uma aproximação adequada aos dados de laboratório. A conclusão obtida foi uma orientação apropriada sobre como formular os combustíveis a partir de simulações.

Palavras chave: combustíveis especiais; veículos; exportação; simulação.

Study of the Properties of Special Fuels for Vehicle Assemblers in Brazil Industries

Abstract: The available capacity of the automobile industrial park increases in the last two years. So, the headquarters of the companies requested to Brazilian subsidiaries, products for export. To this end, special fuels are required to develop new engines. The aim of this study was to develop an application in MatLab, able to simulate the values of the properties of these fuels, using raw materials known. Limitation of this study is the simulation of properties that do not behave so addictive. As a result, the simulation generated an adequate approach to the data from the laboratory. The conclusion obtained was a proper guidance on how to formulate the fuels from simulations.

Keywords: special fuels; vehicles; export; simulation.

1. Introdução

Em 2012 o Brasil chegou a um momento de importante decisão: se seríamos produtores ou importadores de veículos. As possíveis consequências da escolha pela importação seriam: balança comercial brasileira deficitária, geração comprometida de emprego e renda, impactos na cadeia de suprimentos, fim dos investimentos em capacidade produtiva, pesquisa, desenvolvimento e inovação em outros países, engenharia enfraquecida. Com a criação do Inovar-Auto (Programa da Anfavea – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) [1], cujo objetivo foi aumentar a competitividade brasileira, o país definiu seu papel como produtor de veículos. Ocorreu a ampliação e modernização do parque produtivo, ou seja, em 2012 tínhamos 57 unidades industriais e em 2017, 67 unidades industriais, gerando maior capacidade para atender ao potencial brasileiro. Hoje a capacidade de produção brasileira é de 5 milhões de autoveículos/ano. Foram realizados investimentos de R$ 15 bilhões em P&D e Engenharia que possibilitaram um salto tecnológico no Brasil. Para P&D e Engenharia: Centros completos de desenvolvimento tecnológico; Investimento em novos produtos/materiais; Matrizes energéticas; Novos laboratórios de ensaio. Para Produtos e Processos: Eficiência energética (Resistência aerodinâmica; Resistência ao rolamento; Peso do veículo); Novos processos produtivos; Equipamentos e sistemas.

Em média as empresas tiveram que melhorar pelo

Copyright © 2017 ISESC.

menos 12% da eficiência energética dos veículos licenciados. Exemplos de evoluções: motores menores (três cilindros), turbo-compressores, injeção direta, pneus verdes, bloco de alumínio, start/stop e avanços com o etanol.

Para melhorar a competitividade brasileira, é fundamental estabelecer uma política de longo prazo que insira o Brasil nas cadeias globais de valor e melhore nossa condição para competir globalmente.

Mesmo com todo o desenvolvimento realizado através do referido Programa (Inovar-Auto), as empresas montadoras de veículos no Brasil têm apresentado capacidade disponível, principalmente nos últimos dois anos, que precisa ser trabalhada em função de seus custos totais, relacionados às instalações [2,3,4]. As matrizes destas empresas, muitas localizadas no exterior, têm demandado as filiais com aumento da produção de veículos para a exportação, como forma de aproveitamento da capacidade disponível.

Para conseguirem atuar no mercado externo, são necessários testes e desenvolvimentos para atendimento das respectivas exigências, principalmente relacionados à motorização [5,6]. O desenvolvimento de testes relativos à motorização, requer combustíveis especiais que poucos países dispõem. No caso do Brasil, desde os anos 2000 há estrutura para produção e disponibilidade destes combustíveis. O processo de produção destes combustíveis vem sendo aperfeiçoado e melhorado para atendimento das necessidades das empresas montadoras.

O objetivo deste estudo é desenvolver uma aplicação em MatLab (v.2011a-MathWorks) que simule os resultados das propriedades destes combustíveis especiais, a partir de matérias-primas conhecidas, atendendo às especificações (conjunto de propriedades e seus limites) de acordo com as exigências das empresas montadoras, em função do mercado alvo a ser atendido no exterior; estes mercados possuem legislações próprias relativas ao desempenho dos veículos e às emissões de poluentes.

Para produção destes combustíveis é necessário conhecer as propriedades de cada matéria-prima e sua influência na qualidade do produto final. No entanto, a realização de simulações ajuda numa primeira avaliação de como se comportarão as propriedades do combustível especial, que serão medidas em laboratórios assim que o lote do combustível estiver pronto.

Para entrega do produto ao uso, é necessária a certificação das propriedades do combustível, em laboratório, e a respectiva emissão do certificado de qualidade.

1.1. Objetivos

O pressente estudo tem o objetivo de simular os valores das propriedades dos combustíveis especiais, a partir das proporções de mistura e das propriedades das matérias-primas, utilizando o *software* MatLab (v.2011a-MathWorks). As simulações consideram que as propriedades das matérias-primas utilizadas nas misturas são aditivas. Estas simulações, somadas à experiência adquirida com a formulação de combustíveis, buscam evitar resserviços na certificação destes combustíveis em laboratórios, ou seja, eliminar a necessidade de correção das misturas para atendimento das propriedades do produto final.

2. Material e Métodos

Os materiais utilizados para a realização deste estudo foram as publicações contendo as propriedades das matérias-primas utilizadas nas formulações, as especificações dos combustíveis especiais (propriedades, seus limites, e metodologias de ensaios utilizadas em laboratório, ambas estabelecidas pelas empresas montadoras), as publicações recentes da Anfavea, entrevistas com especialistas em combustíveis, conhecimentos das instalações físicas utilizadas para produção de combustíveis, o *software* MatLab (v.2008-MathWorks), um computador, a criação de um programa para a realização das simulações e as comparações entre os resultados obtidos pelas simulações e as especificações, com os resultados obtidos em laboratório (certificação do produto). Algumas matérias-primas são produtos puros, não sendo necessárias alterações dos valores das propriedades no programa. Para outras matérias-primas, os valores das propriedades variam a cada lote produzido, sendo necessária a atualização dos seus valores no programa desenvolvido.

No desenvolvimento deste estudo, foi identificado que poderá ser necessária a alteração do programa, de forma que os valores das propriedades possam ser inseridas manualmente, dada a permanente variação dos valores das propriedades das matérias-primas.

A produção dos lotes de combustíveis especiais se dá através das misturas e homogeneização das matérias-primas em tanques, nas proporções simuladas, de forma que as propriedades atendam a especificação (propriedades e seus limites). As simulações no *software* foram realizadas observando as propriedades, e seus limites, exigidas pelas montadoras de veículos, como forma de obtenção de uma primeira avaliação sobre a viabilidade da produção do combustível, considerando que após a produção, amostras são enviadas ao laboratório para certificação. As montadoras de veículos nacionais têm indicado as propriedades mais relevantes nos combustíveis, para realização dos testes de motores em suas fábricas, ou seja, caso não seja possível enquadrar alguma propriedade do combustível especial durante sua produção, são discutidas as influências da propriedade nos testes e se há flexibilidade para alteração da especificação definida inicialmente.

Copyright © 2017 ISESC

3. Resultados

O resultado do programa desenvolvido em MatLab (v.2011a-MathWorks), contendo os valores de uma simulação de mistura de matérias-primas (componentes) para produção de um combustível especial, segue com a figura 1

1) **Visão do Menu_combustiveis** (Figura 1).

O objetivo deste menu (Figura 1) é escolher o lote a ser formulado, variando as proporções (em porcentagem) entre as matérias-primas (componentes), considerando que para cada lote foram alimentadas no programa as propriedades de cada matéria-prima a ser utilizada. Somente como observação, estes lotes foram produzidos na prática.

2) **Visão do Cálculo_combustiveis** (Exemplo: programa do lote 1_2016) (Figura 2).

Neste item são indicadas as proporções dos componentes (exemplo: Componente A = Matéria-prima A, sendo que cada letra maiúscula A/B/C/D representa uma Matéria-prima diferente) a serem utilizadas, as propriedades do combustível especial, com as respectivas metodologias de ensaio empregadas em laboratório, e a tabela com os valores das propriedades simuladas do combustível a ser produzido (o exemplo escolhido foi o lote 1_2016).

```
+-------------------------------------------------------------------------------------------------+
PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS PARA EMPRESAS MONTADORAS

1. Propriedades Calculadas e Tabela com Valores das Propriedades
2. calculo_combustiveis_lote_1_2016
3. calculo_combustiveis_lote_2_2016
4. calculo_combustiveis_lote_3_2016
5. calculo_combustiveis_lote_4_2016
6. calculo_combustiveis_lote_5_2016
7. calculo_combustiveis_lote_6_2016
8. calculo_combustiveis_lote_3_2017
9. calculo_combustiveis_lote_4_2017
+-------------------------------------------------------------------------------------------------+
Opção:
```

Figura 1. Entrada de dados.

```
% dos Componentes que compõem o Combustível solicitado pelas Empresas Montadoras

Dê % do Componente A = 65
Dê % do Componente B = 20
Dê % do Componente C = 15
Dê % do Componente D = 0

PROPRIEDADES DO COMBUSTÍVEL A SER FORNECIDO PARA EMPRESAS MONTADORAS


Pressão de Vapor (kPa a 37,8 graus C)--------------ASTM D5191 = P.V.
Massa Específica (g/cm3 a 20 graus C)-------------ASTM D4052 = M.E.
MON-Motor Octane Number------------------------ASTM D2700 = MON
RON-Research Octane Number---------------------ASTM D2700 = RON
IAD-Índice Anti-Detonante--------------------------ASTM D2699 = I.A.D.
Teor de Aromaticos (porcentagem em volume)----ASTM D1319 = T.A.
Teor de Olefinas (porcentagem em volume)--------ASTM D1319 = T.O.
Teor de Saturados (porcentagem em volume)------ASTM D1319 = T.S.

TABELA DE VALORES DAS PROPRIEDADES DO COMBUSTÍVEL

P.V.     M.E.     MON     RON     I.A.D.    T.A.     T.O.     T.S.
44.1     0.7499    86.1    91.0     88.6     32.66    17.71    49.62

Novo Ensaio? s ou n?
```

Figura 2. Resultados do ensaio tomado como exemplo.

Copyright © 2017 ISESC *Unisanta Science and Technology* (86-90) p.p. ISSN 2317-1316

Foram comparados resultados das simulações realizadas através da aplicação em MatLab (v.2011a-MathWorks), com a especificação de um Combustível Especial Tipo A, conforme Tabela 1.

4. Discussão

As propriedades dos combustíveis especiais são obtidas a partir de combinações resultantes de mistura de matérias-primas (componentes).

A escolha da mistura (formulação) também deve considerar os custos das matérias-primas, não previstos neste estudo, para que se otimize o custo de produção. Outros fatores não considerados neste estudo é a logística atualmente disponível para produção dos combustíveis especiais, assim como os prazos de entrega. Podem ocorrer situações em que, em função do prazo de entrega, por exemplo, as formulações não sejam realizadas da maneira mais otimizada, dada a disponibilidade de matérias-primas no momento da produção. Ou seja, será sempre necessária a interpretação da demanda referente ao combustível especial, de forma a produzi-lo com os menores custos e atendendo as especificações das montadoras de veículos. É importante destacar que os preços dos combustíveis especiais cobrem todos os custos previstos em sua produção.

Verifica-se que, pelos resultados obtidos, é possível realizar uma previsão adequada das propriedades dos combustíveis especiais. Eventualmente, pode ser necessária uma negociação junto ao cliente (montadora) sobre o limite de alguma das propriedades, sem o comprometimento dos resultados dos testes. Existem literaturas [7] que tratam dos comportamentos não aditivos de algumas propriedades das matérias-primas, mas para este estudo eles não foram considerados.

Os valores das propriedades das matérias-primas sofrem alterações [8-9] frequentemente (a cada lote produzido) e foram considerados neste estudo, de forma a garantir as melhores simulações das propriedades dos combustíveis especiais. A confiança na fonte utilizada para obtenção destes valores (laboratórios), influi significativamente nos resultados das simulações.

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram os resultados obtidos nas simulações. Quando comparadas com a especificação do Combustível Especial Tipo A, verificamos que para as propriedades P.V. e RON existem resultados não enquadrados dentro da especificação (comportamento não aditivo). No entanto, o programa em MatLab (v.2011a-MathWorks) cumpre a sua função de realizar uma primeira avaliação sobre o combustível especial a ser formulado, a partir de matérias-primas (componentes) disponíveis.

A experiência acumulada na formulação destes combustíveis especiais, baseada em resultados práticos (laboratório) obtidos em formulações anteriores, fará com que os parâmetros não enquadrados na especificação sejam estudados para adequação da mistura (formulação).

Quanto ao parâmetro T.O., cujos resultados se apresentaram fora de especificação, os componentes participantes da formulação não atendem individualmente a este parâmetro para formulação do referido combustível especial; sendo assim, esta propriedade, sabidamente, não será enquadrada dentro da especificação, fato esse conhecido e negociado com o cliente final (montadora de veículos).

Desenvolvimentos poderão ser implementados neste programa em MatLab (v.2011a-MathWorks), de maneira a serem considerados os comportamentos das propriedades não aditivas [10-11-12] em busca do aperfeiçoamento das simulações.

Tabela 1. Especificação do Combustível Especial Tipo A X Resultados da simulação das propriedades em MatLab.

Propriedades	Especificação Comb. Espec. Tipo A	Lote 1_16	Lote 2_16	Lote 3_16	Lote 4_16	Lote 5_16	Lote 6_16	Lote 3_17	Lote 4_17
		MatLab	MatLab	MatLab	MatLab	MatLab	MatLab	MatLab	MatLab
P.V.	45 - 66	44,1	44,3	43,7	45,8	48,0	48,6	44,5	46,9
M.E.	anotar	0,7499	0,7498	0,7588	0,7543	0,7432	0,7380	0,7563	0,7476
MON	82,0 mín.	86,1	85,4	85,5	84,9	83,2	83,2	87,4	86,1
RON	91,5 - 92,5	91,0	92,2	91,3	91,8	90,1	90,0	94,1	92,1
IAD	87,0 mín.	88,6	88,8	88,4	88,4	86,7	86,6	90,8	89,1
T.A.	35% máx.	32,66	33,03	33,36	33,97	30,20	29,03	36,50	33,07
T.O.	12,5% máx.	17,71	16,94	15,46	18,55	18,58	17,40	18,87	16,69
T.S.	anotar	49,62	50,03	51,17	47,48	51,22	53,56	44,62	50,23

Copyright © 2017 ISESC

5. Conclusão

Baseado nas simulações realizadas nesta aplicação em MatLab (v.2011a-MathWorks), foi possível concluir a aderência entre os resultados obtidos nas simulações e a necessidade de uma primeira avaliação das propriedades do combustível especial a ser produzido. As variadas simulações realizadas com o uso deste programa, levaram a concluir que as medições de algumas propriedades em laboratório também precisavam ser avaliadas, dado que, conhecidamente, algumas delas se comportam de maneira aditiva, mas nos ensaios laboratoriais não apresentaram este mesmo comportamento.

Referências

[1] Junior H.J. (2017), Vice-Presidente da Anfavea. Palestra: O impacto do Inovar-Auto na indústria automotiva, realizada em 07/06/2017, no Encontro da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA), em São Paulo/SP.

[2] Matéria: Produção de veículos no Brasil sobe 18% em março, diz Anfavea. http://g1.globo.com/carros/noticia/producao-de-veiculos-no-brasil-sobe-181-em-marco-diz-anfavea.ghtml. (acesso 06/04/2017)

[3] Matéria: Produção de Veículos no Brasil. http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/produa-a-o-de-vea-culos-no-brasil/377142. (acesso 14/04/2017)

[4] Matéria: Exportação impulsiona produção de veículos no Brasil em abril (05/05/2017). http://exame.abril.com.br/economia/exportacao-impulsiona-producao-de-veiculos-no-brasil-em-abril/

[5] Matéria: De São Carlos para o México: Volkswagen anuncia novo e relevante contrato de exportação de motores, trazendo mais divisas para o Brasil (03/05/2017). http://www.vwbr.com.br/ImprensaVW/Release.aspx?id=a4fea6bd-46cd-4ddb-8dcf-244cf9. (acesso 03/05/2017)

[6] Matéria: Toyota busca ampliar exportações brasileiras com motor de fabricação local (17/03/2017) - https://extra.globo.com/noticias/economia/toyota-busca-ampliar-exportacoes-brasileiras-com-motor-de-fabricacao-local-21076624.html.

[7] Garcia, D.V. (2017). Apostila: Noções de MatLab, Unisanta.

[8] Chaia, A.V.; Daibert, M.R. Mini Curso – Introdução ao MatLab. GET – Engenharia de Produção – UFJF.

[9] Worldwide Fuel Charter (European Automobile Manufacturers Association – Brussels/Belgium, Alliance of Automibile Manufacturers – Washington/USA, Engine Manufacturers Association – Chicago/USA, Japan Automobile Manufacturers Association – Tokyo/Japan), September 2006.

[10] Phillips 66 Reference Data for Hydrocarbons and Organosulfur Chemicals, Phillips Petroleum Company, 1998.

[11] Farah, M.A. (2017). Cálculos Fundamentais de Engenharia de Processamento (Caracterização Físico-Química de Substâncias Puras e Misturas, Propriedades Básicas Utilizadas para Caracterizar o Petróleo e de Suas Frações, Composição das Petróleo e de sua Frações e Propriedades Relacionadas, Propriedades Relacionadas à Volatilidade e Propriedades Térmicas, Propriedades de Misturas).

[12] Cruz, M. J. F. (2003). Determinação Experimental e Predição da Pressão de Vapor de Gasolinas com aditivos Oxigenados. Dissertação de Mestrado (Universidade Federal de Pernambuco / Centro de Tecnologia e Geociências / Departamento de Engenharia Química/ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química).

Copyright © 2017 ISESC