

Produção de biodiesel metílico de soja com o auxílio de um coletor solar sustentável



Luiz Antonio Pimentel Cavalcanti

luiz.cavalcanti@ifba.edu.br. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus de Paulo Afonso.

RESUMO

A busca por fontes de energia alternativas tem aumentado substancialmente na última década, devido à expectativa de diminuição gradativa das reservas de petróleo e aumento da preocupação com as questões ambientais. O biodiesel vem se consolidando como potencial substituto para o diesel, porém um dos gargalos da produção ainda é o custo operacional. Uma alternativa ao processo é utilizar coletores solares para realizar o aquecimento da reação de transesterificação. O presente trabalho propôs a construção de um protótipo de coletor solar constituído de matérias potencialmente recicláveis como garrafas PET e embalagens do tipo Tetra Pak. As garrafas PET foram recortadas na sua parte inferior para um encaixe futuro, tendo como função a proteção da parte absorvedora do painel do protótipo. As embalagens Tetra Pak foram pintadas de preto fosco em apenas um dos lados com intuito de absorver com maior eficiência os raios solares. Após a construção do coletor, foram realizados testes de aquecimento para verificar se este forneceria a temperatura mínima desejada para haver a reação de transesterificação. O perfil de ésteres presentes no biodiesel bem como o seu teor de éster foram avaliados por cromatografia gasosa e seu valor enquadrado na Resolução ANP N° 45 de 2014.

Palavras-chave: Biodiesel. Coletores Solares. Energia Solar.

ABSTRACT

The search for alternative sources of energy has risen substantially over the past decade due to the expectation of gradually diminishing petrol reserves and the increase of worry over environmental questions. Biodiesel is showing itself to be a potential substitute for diesel. However, one of the hiccups on the production line remains being the operational cost. An alternative to the process is to use solar collectors to realize the heating of the transesterification reaction. The present study proposed the construction of a solar collector prototype constructed from potentially recyclable materials such as PET bottles and Tetra Pak packaging. The PET bottles were cut on the underside for their future fitting, having the function of protecting the absorbing part of the prototype panel. Tetra Pak packaging were painted mat black on just one side with the intention of their absorbing sun rays with greater efficiency. After the construction of the collector, heating tests were realized to verify if the instrument would provide the minimum desirable temperature for the transesterification reaction to occur. The profile of esters present in biodiesel, as well as the ester content of the biodiesel, was evaluated by gaseous chromatography. The value obtained fell within the guidelines of ANP resolution Number 45 from 2014.

Keywords: Biodiesel. Solar Collectors. Solar Energy.

1 Introdução

O Sol é a principal fonte de energia primária do nosso planeta, caracterizada por ser inesgotável, livremente disponível e não poluente. Embora sejam necessários sistemas auxiliares, que não utilizam energia renovável, o seu nível de poluição é muito reduzido. Por outro lado, os sistemas de aproveitamento de energia solar são os mais acessíveis, monetariamente, ao consumidor (SCHUCK, 2012).

O Brasil, quando comparado a países europeus, é um dos que possui maior tempo de insolação durante o ano, principalmente na região Nordeste do país. Diante de tal cenário seria esperado que fôssemos um dos maiores consumidores de energia solar do mundo. No entanto, no nosso país existem cerca de 220.000 m² de painéis solares instalados, o que é um número insignificante quando comparado com a Grécia, por exemplo, que tem 2,6 milhões m² e o mesmo nível de exposição solar (AGENEAL, 2014).

O aquecimento de um fluido, líquido ou gasoso, em coletores solares, é a utilização mais frequente da energia solar. O aquecimento de água por esta via é hoje uma tecnologia confiável e economicamente competitiva em muitas circunstâncias e pode ser destinado a vários tipos de uso: o domiciliar, o industrial ou ainda para geração de energia na forma de calor (ALANO, 2014). Segundo Ullon (2007), esses coletores são cada dia mais eficientes, e ao mesmo tempo o seu custo vem caindo, tornando a energia proveniente do Sol cada vez mais atrativa.

O crescimento da população mundial, associado ao desenvolvimento tecnológico e industrial, conduz a um aumento substancial de demanda energética. Diversamente, as fontes de energia hoje utilizadas são provenientes de recursos naturais limitados e poderão se esgotar em algumas décadas (DUNHAM; IVERSON, 2014).

O biodiesel é definido como ésteres alquílicos de ácidos graxos produzidos a partir de óleos vegetais, gorduras animais, óleos residuais ou algas, quando eles são usados como combustível em motores diesel e sistemas de aquecimento. O biodiesel é atualmente a alternativa mais amplamente aceita como combustível para motores diesel, e cria uma perspectiva de geração de energia renovável, direcionando aspectos econômicos, sociais e ambientais para o desenvolvimento sustentável (RAMIREZ-VERDUZCO; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ; JARAMILLO-JACOB, 2012).

Um dos gargalos em “termos de processo” consiste no custo de produção do B100, que, em alguns casos, está longe de ser economicamente competitivo comparado ao diesel de origem fóssil, devido ao custo relativamente elevado da matéria-prima. Pesquisadores – como Alamsyah *et al.* (2010), Alves *et al.* (2010) e Moser (2009) – ressaltam que o custo da biomassa pode representar, aproximadamente, 75 a 88% daquele total do processo de produção do B100, correspondendo, assim, a quase todo o risco na viabilidade econômica da indústria de biodiesel. Portanto, buscar alternativas para a redução dos custos do processo é a primeira atitude a ser tomada na direção de tornar o processo de produção do B100 economicamente mais atrativo.

A cinética da reação de transesterificação geralmente é favorecida quando submetida a aquecimento. Tal aquecimento, na maioria dos casos, é realizado através de um banho termostático, resistências elétricas – utilizando energia elétrica da rede convencional que torna o processo inviável economicamente – ou vapor – em detrimento da queima de combustíveis fósseis ou biomassa (KNOTHE *et al.*, 2006).

O presente trabalho teve como objetivo construir e avaliar a eficiência de um coletor solar sustentável para aquecimento de água. Essa água foi impulsionada através de uma bomba centrífuga pelos canos de PVC de modo a formar um circuito fechado (recebendo água fria e enviando água quente), com intuito de aquecer a reação de transesterificação para produção de biodiesel (B100) em conformidade aos padrões estabelecidos pela Resolução de Nº 45/2014 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP (BRASIL, 2014).

2 Materiais e métodos

2.1 Sobre o conceito de acessibilidade

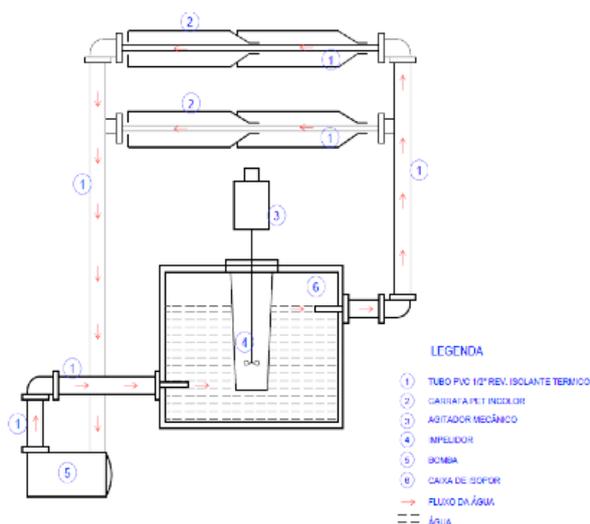
A construção do protótipo de coletor solar se deu a partir do uso de materiais potencialmente recicláveis. Para reservatório do coletor foi utilizado uma caixa de poliestireno expandido (EPS) de 5 litros. Na sua parte superior foi encaixado um béquer de 600 ml por um orifício aberto na tampa da caixa, que serviu de suporte para que o béquer fosse introduzido na caixa de EPS. O modo que o béquer foi introduzido no sistema permitiu que água contida na caixa de EPS e o óleo contido dentro do béquer não se misturassem na produção de biodiesel. Um agitador mecânico com

impelidor tipo pás foi introduzido no sistema para agitação da mistura reacional. Foi formado um circuito com dois tubos PVC de ½" de diâmetro e comprimento de 50 cm cada, recobertos com garrafas PET com geometria apropriada. A face inferior da garrafa foi revestida com a parte interna de embalagem Tetra Pak, pintada de preto fosco, visando aumentar a absorção e refletividade dos raios solares em direção a tubulação e, assim, maximizar o aquecimento do fluido que atravessava o circuito.

Uma coluna foi acoplada com conexões do tipo T nas suas extremidades, enquanto a outra foi acoplada com conexões tipo joelhos, ligando entre si canos PVC cortados com 8 cm cada. A tubulação do circuito foi isolada com material de isolamento de ar condicionado Split para reduzir a troca térmica com o ambiente. Foi acoplada ao circuito uma bomba centrífuga de máquina de lavar, e este aparato, por sua vez, foi acoplado às laterais da caixa de EPS, conforme mostrado na Figura 1. A função da bomba no projeto foi fazer com que o fluido tivesse o menor tempo de residência possível dentro da caixa de EPS.

O protótipo do coletor solar foi então instalado no pátio central do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Campus Paulo Afonso. Para esta instalação foi verificada a disponibilidade de insolação no ambiente, para que o painel absorvedor captasse a maior incidência de energia solar possível, para uma melhor eficiência do coletor.

Figura 1. Protótipo do coletor solar sustentável.



Fonte: Elaborada pelo autor.

2.2 Produção do biodiesel

O B100 derivado de óleo de soja, 500 mL, foi produzido através da reação de transesterificação alcalina homogênea (catalisador: KOH, 1% w/w, com relação à massa de óleo). O reator químico foi o bquer imerso na caixa de EPS, por fora do qual circulava a água proveniente do coletor solar. Foi realizada a aferição da temperatura de reação por meio de um termômetro de mercúrio imerso no bquer onde estava ocorrendo a reação de transesterificação, e a agitação mecânica foi obtida com o auxílio de um impelidor do tipo pás. As condições operacionais dessas etapas foram: a) temperatura de 50° C; b) pressão de 1 atm; c) rotação do agitador mecânico de 300 rpm; d) razão molar álcool/óleo de 6:1; e e) tempo reacional de 1h. Ao final da reação, procedeu-se a separação da glicerina da mistura reacional com o auxílio de um funil de decantação. A fase mais leve da mistura – contendo B100, catalisador e excesso de metanol – passou pela etapa de purificação, que consistiu de lavagem ácida com solução de ácido clorídrico 0,5M, e as demais lavagens foram realizadas com água destilada, visando o ajuste do pH do biodiesel produzido. A secagem do biodiesel foi realizada em evaporador rotativo com vidraria vertical da marca IKA, modelo RV10.

2.3 Composição química

A composição química do biodiesel produzido foi analisada por cromatografia gasosa, com cromatógrafo de marca Ciola Gregory, modelo CG Máster, coluna Carbowax (dimensão de 30,0 m de comprimento, 5,3 x 10⁻⁴ m de diâmetro interno e espessura da fase estacionária de 1,0 x 10⁻⁹ m). Usou-se o hidrogênio (White Martins ≥ 99,99%) como eluente. Os padrões do EMAG foram adquiridos a Sigma-Aldrich.

3 Resultados e discussão

De acordo com os dados colhidos por meio da Estação Solar de Paulo Afonso, do Centro de Referência para Energia Eólica e Solar (CRESESB), no ano de 2014, a cidade de Paulo Afonso apresentou irradiação solar média diária de 5,40 kWh.m⁻².dia⁻¹, indicando uma grande atratividade energética de aplicação do sistema por apresentar um valor acima da média geral do Brasil.

O coletor solar foi instalado no pátio central do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), localizado nessa cidade. Os valores de temperatura no coletor solar foram avaliados nos

períodos da manhã e tarde. O estudo indicou que a partir das 9 horas da manhã, em local com insolação, a temperatura aferida no termômetro foi de 32°C, havendo picos de temperatura no coletor por volta das 15 horas com temperaturas médias de 51°C.

Segundo Cavalcanti (2013) a produção de biodiesel metílico pode ser realizada na faixa de temperatura entre 30 e 50°C. Após estudos sobre a energia solar e a partir da realização de testes no protótipo do coletor solar sustentável, percebeu-se que o funcionamento do sistema apresenta um ganho rápido de energia, principalmente nos períodos com mais radiação solar, com um considerável aumento da temperatura nos primeiros 30 minutos. Foi possível notar que o uso dessa tecnologia para o aquecimento da reação de transesterificação teria êxito, devido essa reação acontecer com uma temperatura mínima girando em torno dos 30°C.

Verificou-se que, à medida que a incidência solar ia diminuindo após as 16h30min, ocorreu uma pequena diminuição na temperatura. Entretanto, essa perda aconteceu de forma lenta, o que possivelmente ocorreu devido à eficiência do isolamento térmico feito em praticamente todo aparelho.

A reação de transesterificação foi conduzida quando o coletor apresentou a temperatura de 51°C. No presente trabalho a atenção foi voltada principalmente no teor de éster, uma vez que o objetivo era construir um coletor capaz de realizar a reação de transesterificação satisfatoriamente. Logo, os demais parâmetros citados na Resolução ANP nº45 (BRASIL, 2014) não foram relevantes para o esta pesquisa. A Figura 2 mostra o biodiesel produzido a partir do aparato experimental montado.

Figura 1. Protótipo do coletor solar sustentável.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 1 mostra o teor de ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) presentes no biodiesel. Ao avaliar os resultados do perfil cromatográfico do óleo de soja com relação aos teores de ácidos graxos, verificou-se que 36,24% dos ácidos graxos são saturados e 63,96% dos ácidos graxos são insaturados. Tais valores estão de acordo com aqueles publicados por Knothe *et al.* (2006). Na Tabela 1 o teor de EMAG para o biodiesel mostrou que 35,78% destes são saturados, o que confere ao biodiesel de soja baixo ponto de névoa e de fluidez, podendo este combustível ser utilizado em locais com climas frios.

O perfil cromatográfico mostra ainda que 70,22% dos EMAG são insaturados. As duplas ligações presentes nos ésteres metílicos de ácidos graxos – C18:1 e C18:2 – estão mais susceptíveis a oxidação devido ao oxigênio e à umidade presentes no ar, à incidência de luz, entre outros fatores que afetam diretamente a estabilidade oxidativa desse biodiesel. Desse modo, o B100 produzido com a matéria-prima soja não pode ser armazenado por longos períodos de tempo, pois isso afetará diretamente sua viabilidade comercial, em razão da perda de suas propriedades de combustão.

Os valores apresentados na Tabela 1 são considerados satisfatórios com relação ao B100-S, visto que tais valores são próximos àqueles encontrados por Cavalcanti (2013). Com relação ao teor de éster, o B100-S produzido apresentou um valor de 97,1%. A Resolução ANP nº 45/2014 (BRASIL, 2014) especifica um teor de éster mínimo no biodiesel de 96,5%, ou seja, podemos afirmar que o resultado da produção do biodiesel com relação ao teor de éster foi satisfatório, visto que obtivemos um resultado dentro dos padrões estabelecidos pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para o teor de éster.

Figura 1. Protótipo do coletor solar sustentável.

EMAG	Teor (% Saturados)		Teor (% Insaturados)		
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
O-S*	26,40	9,64	12,35	48,65	2,96
B100-S**	25,70	10,08	14,23	55,99	-

Fonte: Elaborada pelo autor.

* Óleo de Soja

** Biodiesel de Soja

4 Considerações finais

Considerando o funcionamento “simples” desse sistema, o uso de materiais descartáveis de baixo custo e a evidência que as temperaturas atingidas pela água foram suficientes para atender à necessidade energética do sistema em estudo, percebe-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados satisfatoriamente. Isso porque, esse coletor, feito por garrafas PET, consiste em uma tecnologia alternativa eficiente para vários fins, como o aquecimento da reação de transesterificação, visto que foi obtida uma temperatura ideal para reação, comprovando o sucesso na produção de biodiesel com uma porcentagem de 97,1% de teor de ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG), superior àquela indicada de acordo com a resolução vigente. Desse modo, o uso do coletor solar como auxiliar na produção do biodiesel pode ser entendido como uma alternativa viável no que tange a redução de custos de produção desse biocombustível, com a possibilidade de torná-lo mais competitivo economicamente em relação ao diesel derivado do petróleo.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução nº 45, de 25 de agosto de 2014. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2014/agosto/ranp45-2014.xml>. Acesso em: 14 abr. 2015.
- AGENEAL. **Energias Renováveis**. Disponível em: <<http://www.ageneal.pt/content01.asp?BTreeID=00/01&treeID=00/01&newSID=8>>. Acesso em: 30 mar. 2014.
- ALANO, J. A. **Manual sobre a construção e instalação do aquecedor solar com descartáveis**. Disponível em: <<http://josealcinoalano.vilabol.uol.com.br/manual.htm>> Acesso em: 13 fev. 2014.
- ALAMSYAH, R.; TAMBUNAN, A. H.; PURWANTO, Y. A.; KUSDIANA, D. Comparison of static-mixer and blade agitator reactor in biodiesel production. *Agric. Eng. Inter.: the CICR E journal*, v. 12, n. 1, mar. 2010.
- ALVES, M. X. B.; MARTINIANO JR., A.; DRUMMOND, A. R. F.; PEREIRA, F. S. G.; MELO, G. O.; MELO, J. A.; ALMEIDA, L. M.; Biodiesel de óleo de fritura: Inclusão social e menos poluição em regiões metropolitanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., João Pessoa. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 24-29.
- CAVALCANTI, L. A. P. **Reologia e melhoramento das propriedades de escoamento a frio de biodiesel e suas misturas BX**. 2013. 209 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química)—Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- DUHAM M. T.; IVERSON, B. D. High-efficiency thermodynamic power cycles for concentrated solar power systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 758-770, 2014.
- KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. **Manual de Biodiesel**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- MOSER, B. R. Biodiesel production, properties, and feedstocks. **Vitro Cell. Des. Biol.-Plant**, v. 45, n. 3, p. 229-266, 2009.
- RAMÍREZ-VERDUZCO, L. F.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, J. E.; JARAMILLO-JACOB, A. R. Predicting cetane number, kinematic viscosity, density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition. **Fuel**, v. 91, n. 1, p. 102-111, 2012.
- SCHUCK, M. L. R. Coletor solar para pré-aquecimento do ar em sistemas de secagem, estudo de caso – cura do tabaco. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)—Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- ULLON, V. L. N. **Aquecedor solar com recicláveis**. Engenharia elétrica UNIOESTE, Foz do Iguaçu, jul. 2007. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAADbkAC/aquecedor-solar#>>. Acesso em: 04 dez. 2013.