



## OTIMIZAÇÃO DA REAÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO PLANEJAMENTO SATURADO DE PLACKETT E BURMAN E PLANEJAMENTO 2<sup>3</sup> VIA ROTA ETÍLICA EM REATOR LABMADE

Rosimeri Barboza de Abreu<sup>1</sup>; Aline Gomes da Silva<sup>1</sup>; Carlos Antonio Cabral dos Santos<sup>1</sup>; Wallace Duarte Fragoso<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia; <sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza

**RESUMO** – O biodiesel usando o método de transesterificação, hoje, se mostra o mais simples e rápido método para se modificar o óleo vegetal reagindo-o com álcool para formar um éster de menor viscosidade. O presente trabalho objetiva a otimização da reação de síntese biodiesel, por rota Etílica, em um reator proposto. Um planejamento saturado de Plackett e Burman foi usado para se avaliar quais variáveis são importantes na otimização da reação e um planejamento 2<sup>3</sup> foi usado para quantificar os efeitos das variáveis apontadas pelo planejamento saturado. Em alguns ensaios não houve separação das fases: biodiesel e glicerina. O melhor rendimento da reação de transesterificação, obtido foi de 92,2%. Rendimentos da ordem de 98% são observados em outros trabalhos, mas em condições diferentes, como: reações com pequena quantidade de amostra; fáceis de manusear; vidraria de laboratório apropriada. Diferentemente neste projeto usou-se um protótipo de reator construído no laboratório, mais próximo do que será usado em escala industrial, onde as condições são mais difíceis de controlar e os valores ótimos tendem a ser menores.

**Palavras-chave** – Planejamento Experimental Saturado, Planejamento 2<sup>3</sup>, Rota Etílica, Biodiesel.

### INTRODUÇÃO

Os recentes avanços tecnológicos que exigem uma crescente utilização dos recursos naturais para a obtenção de energia têm desequilibrado as condições naturais do planeta a começar pelo efeito estufa. Os combustíveis derivados de petróleo além de sua característica não renovável têm em suas reações produtos, a base de SO<sub>x</sub>, tóxicos à saúde do ser humano e ao meio ambiente em geral. O estudo e obtenção de formas de energias renováveis tem sido uma maneira de amenizar o grande impacto executado pelo ser humano para dar continuidade à tecnologia objetivando a qualidade de vida.

O biodiesel tem sido largamente estudado como forma de associar-se ou até mesmo, substituir o uso do petrodiesel. Essa substituição traz benefícios decorrente dele tais como: ser renovável e





originar produtos menos tóxicos a base de NO<sub>x</sub>. Vários tipos de álcool podem ser usados para executar a reação de biodiesel, é o caso do álcool metílico e etílico (PINTO C.A. 2005). De acordo com o enfoque voltado para biocombustíveis é de crucial importância que a rota etílica seja introduzida nas pesquisas (CAVALCANTE, T.S. ), pois ele é um produto obtido a partir de fontes renováveis a exemplo da mandioca e cana de açúcar. Outro fator que coloca o álcool etílico em posição satisfatória é sua produção em larga escala no nosso país, o que irá movimentar e fortalecer a economia brasileira.

Dessa forma, desenvolver metodologias que viabilizem a rota etílica é fundamental para a complementação da sustentabilidade e chegar à auto-suficiência em biocombustível. Os equipamentos para as reações precisam ser idealizados e desenvolvidos para buscar a escala industrial, mas para isso é preciso aperfeiçoar em escala laboratorial os procedimentos, objetivando a afinidade com a síntese do biodiesel inserindo-a no contexto sócio – econômico apropriado a partir de planejamentos saturados de Plackett e Burman (TEÓFILO, R.F. 2006) e planejamentos 2<sup>3</sup>.

## METODOLOGIA

Foi executado um levantamento dos possíveis parâmetros que interferissem na reação de transesterificação. O procedimento de síntese foi percorrido e chegou-se aos seguintes parâmetros: quantidade de catalisador, tempo de reação, Proporção álcool/óleo, Temperatura, velocidade de agitação, tipo de óleo e tipo de álcool.

Para se definir quais deles são realmente importantes, realizamos ensaios segundo um planejamento saturado de Plackett e Burman (PSPB) com dois níveis para cada um dos parâmetros. A escolha dos níveis foi feita com base na literatura e em vários trabalhos referentes à síntese de biodiesel. Os níveis, mínimo e máximo, para cada um dos parâmetros acima foram os seguinte: 1% - 2%; 45min – 90min; 6:1 – 8:1; 27°C – 60°C; mínima - máxima; OGR – óleo de algodão e álcool hidratado – álcool anidro.

Para o PSPB exigiu um total de 12(dose) ensaios os quais foram executados nas seguintes condições: a pesagem do material foi feita em balança semi-analítica, da marca SHIMADZU; todos os ensaios a massa do óleo usado foi de, aproximadamente, 700g; o catalisador usado foi o KOH; a reação de transesterificação se processou no reator labmade, mostrado na figura 1; a temperatura foi monitorada por meio de um banho termostático, da marca BROOKFIELD; O fluido de trabalho usado foi a água que percolava por meio de serpentinas trocando calor com o meio reacional; a separação deu-se em funis de separação; o biodiesel foi lavado exclusivamente com água até o momento que o pH da





água chegasse a, aproximadamente, 7; finalmente, a água e resquícios de álcool foram expelidos por secagem na estufa em torno de 110°C.

A resposta analisada no planejamento será o rendimento mássico através de um cálculo simples de porcentagem, baseado na massa do óleo pesado, de acordo com a equação abaixo.

$$\text{Rendimento (\%)} = (\text{massa do óleo} / \text{massa do biodiesel}) \times 100$$

Os ensaios do planejamento 2<sup>3</sup> foram executados com base nos resultados do PSPB, que apontou três das variáveis iniciais como significativas, sendo as demais inertes ou fixadas. Foram fixados a temperatura em 27°C, o tipo de álcool em Anidro e a agitação máxima. Observou-se que o parâmetro tipo de óleo foi inerte para os resultados. Logo, os três parâmetros utilizados nesse planejamento foram: catalisador de 1 – 2%, tempo de reação de 45min – 90min e proporção de 6:1 – 8:1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os 12 (dose) ensaios do PSPB. Apenas em dois ensaios houve a separação efetiva do biodiesel e glicerina, que possibilitou a continuidade do processo de purificação do biodiesel. A partir desses ensaios observou-se que os fatores temperatura, agitação e tipo de álcool, estavam no mesmo nível nos ensaios para os quais se obteve a separação, de modo que estes foram fixados. O tipo de óleo também foi desconsiderado. Houve a diminuição das variáveis, o que torna mais fácil o trabalho posterior. Notou-se, ao longo das reações, que o parâmetro “tipo de óleo” mostrou-se inerte, podendo ser retirado do planejamento 2<sup>3</sup>. As variáveis restantes, catalisador, tempo de reação e proporção, em vermelho, foram escolhidas para compor as variáveis usadas no planejamento 2<sup>3</sup>, representada pela tabela 2.

Com o auxílio do programa GNU Octave foram calculados os efeitos desses fatores nos rendimentos obtidos. Ao longo dos ensaios a média dos rendimentos obtidos ficou em torno de 52%. A ausência da separação nos ensaios 1, 3 e 8, para os quais se atribui rendimento zero, impactou o valor desta média. Os melhores resultados foram obtidos nos ensaios 2 e 4 e são de 90,04% e 92,20%, respectivamente. Nesses experimentos o catalisador aparece no nível menos e observando os experimentos com catalisador no nível mais, os rendimentos são baixos. Dessa forma, a elevação da proporção do catalisador pode estar influenciando um baixo rendimento.





Nos quatro primeiros experimentos onde o catalisador está fixo no nível menos, observa-se que o tempo de reação foi responsável pela elevação de 2,16% no rendimento, um número que precisa ser analisado em termos de balanços de energia para verificar se compensa elevar o tempo em quarenta e cinco minutos no processo e obter-se uma elevação tão tímida em termos de rendimento.

Contudo, foi observado que para o reator proposto as condições ideais de funcionamento são as usadas no experimento quatro deste trabalho, gerando um rendimento de 92,20% .

### CONCLUSÃO

Rendimento de 92,20% para a produção de biodiesel foram alcançados usando o protótipo de reator proposto. Planejamentos experimentais foram empregados nessa otimização. Temperatura, agitação e tipo de álcool foram fixados após o primeiro planejamento

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PINTO, A.C.; GUARIEIRO, L.L.N.; REZENDE, M.J.C.; RIBEIRO, N.M.; TORRES, E.A.; LOPES, W.A.; PEREIRA, P.A.P.; ANDRADE, J.B. **Biodiesel: An Overview**. *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 16, No. 6B, 1313-1330, 2005.

CAVALCANTE, T.S.; COSTA A.A.; PRAZERES, A.S.; CARDIAS, H.T.C.; **Avaliação da Transesterificação Etilica do Óleo de Babaçu Utilizando NaOH como catalisador**. UFMA. São Luiz – MA.

TEOFILO, Reinaldo F. and FERREIRA, Márcia M. C.. **Quimiometria II: planilhas eletrônicas para cálculos de planejamentos experimentais, um tutorial**. *Quím. Nova* [online]. 2006, vol.29, n.2, pp. 338-350. ISSN 0100-4042.





Figura 1 – Reator acoplado ao banho termostático

Ensaio	I	Catalisador	Tempo de reação	Proporção	Temp.	Agitação	Tipo de óleo	Tipo de álcool	RENDIMENTO
1	+	+	+	-	+	+	+	-	0
2	+	+	-	+	+	+	-	-	0
3	+	-	+	+	+	-	-	-	0
4	+	+	+	+	-	-	-	+	0
5	+	+	+	-	-	-	+	-	0
6	+	+	-	-	-	+	-	+	78,68
7	+	-	-	-	+	-	+	+	0
8	+	-	-	+	-	+	+	-	0
9	+	-	+	-	+	+	-	+	0
10	+	+	-	+	+	-	+	+	0
11	+	-	+	+	-	+	+	+	94,87
12	+	-	-	-	-	-	-	-	0

Tabela 1 – Planilha do Planejamento de Plackett e Burman

	Catalisador	Tempo de reação	Proporção	Rendimento
1	-	-	-	0
2	-	-	+	90,04%
3	-	+	-	0
4	-	+	+	92,20%
5	+	-	-	73,80%
6	+	-	+	82,16%
7	+	+	-	66,47%
8	+	+	+	0

Tabela 2 – Planilha do planejamento 2<sup>3</sup>

