

## **Avaliação econômica dos processos de produção de Biodiesel**

D. S. PINTO<sup>1</sup>, F. L. P. PESSOA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Química

E-mail para contato: <sup>1</sup> diego.soares86@hotmail.com, <sup>2</sup> pessoa@eq.ufrj.br

**RESUMO** – A queima de combustíveis fósseis resulta no acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera, intensificando o efeito estufa. A substituição do óleo diesel a partir de óleos vegetais se apresenta como uma nova aplicação para a produção de biocombustíveis. O objetivo desse trabalho é o desenvolvimento de um programa para apontar as tecnologias de produção de biodiesel e o contexto brasileiro de energias renováveis, simular a produção, apontando demanda de produção, consumo, custos diretos e indiretos e demonstrar potenciais do biodiesel. No caso base foi considerada uma produção de 50 ton/dia, utilizando algodão, rota metálica e catalisador alcalino. Concluiu-se que a produção de biodiesel se mostrou viável economicamente, apresentando um TIR de 32% e PB de 2,8 anos. A viabilidade econômica foi afetada fortemente por oscilações no preço do grão e do biodiesel, tornando o projeto instável. O valor do empréstimo foi de quase R\$14 mi com financiamento de 90% do BNDES, com um lucro anual próximo de R\$ 5 mi.

### **1. INTRODUÇÃO**

Os óleos vegetais e resíduos gordurosos podem ser convertidos em biodiesel por reações como o craqueamento, a esterificação ou a transesterificação, que pode ser etélica ou metálica na presença de um catalisador. Empregado nestes processos, o catalisador pode ter caráter ácido, básico ou enzimático e pode ser homogêneo ou heterogêneo. (CAIXETA, 2009).

O interesse por combustíveis obtidos a partir de fontes renováveis tem crescido principalmente devido à necessidade de diminuir os níveis de emissões gasosas. Entre os biocombustíveis, o biodiesel tem características e potencialidade para substituir parcial ou integralmente o diesel derivado do petróleo (BAIL, et al., 2007).

A transesterificação é a reação de um lipídio com um álcool para formar ésteres e glicerol (ou glicerina). As reações com catalisadores básicos são mais rápidas do que com catalisadores ácidos. Somente álcoois simples, tais como metanol, etanol e propanol, butanol e amil-álcool, podem ser usados na transesterificação (CAIXETA, 2009).

O craqueamento térmico é um processo que provoca a quebra de moléculas de óleos vegetais por aquecimento a altas temperaturas, formando uma mistura de compostos com propriedades semelhantes às do diesel de petróleo (SUAREZ et AL., 2007).

A esterificação é o processo de obtenção de um éster a partir da reação de um ácido orgânico ou inorgânico com um álcool. Pode ser precedida da hidrólise de uma molécula de triglicerídeo, produzindo-se uma mistura de ácidos graxos, que são então esterificados (CAIXETA, 2009).

A catálise homogênea em meio alcalino é a rota tecnológica predominante no meio industrial para a produção do biodiesel devido a sua maior rapidez e simplicidade (MA e HANNA, 1999; ZAGONEL e RAMOS, 2001; PETERSON et al., 2002; RAMOS et al., 2003).

Os catalisadores heterogêneos podem levar a menores custos de produção, além de permitirem a realização da transesterificação e esterificação em simultâneo. Os catalisadores heterogêneos podem ser separados do produto final e geram produtos de maior qualidade (SAMPAIO, 2008).

Um projeto conceitual de processos industriais consiste da geração de fluxogramas partindo-se de uma matéria-prima para obtenção de produtos de interesse, que serão analisados preliminarmente para a verificação da viabilidade técnica e econômica dos mesmos.

O objetivo principal da elaboração de um projeto conceitual é obter uma boa alternativa para o processo, sem que seja necessária uma busca exaustiva. De acordo com Biegler et al. (1997) de 15 a 20% dos fundos totais do projeto são gastos no projeto conceitual.

De acordo com Belter et al. (1988) ao fim da obtenção do fluxograma do processo, aspectos importantes devem ser apresentados, como: o valor do produto final; localização nas correntes de processo; e os índices econômicos. O projeto conceitual envolve diferentes etapas, dentre elas: concepção dos fluxogramas de processo, balanços de massa e energia e avaliação econômica.

O custo final referente à produção de biodiesel pode ser composto dos seguintes itens: Matéria Prima, Álcool (metanol), Catalisador (hidróxido de sódio), Vapor, Eletricidade, Custos Indiretos, Frete, Impostos (CAIXETA, 2009).

Após a confirmação da viabilidade técnica, a avaliação econômica torna-se essencial para a tomada de decisão do investimento. Índices econômicos como VPL, TIR, Pay back time assim como lucros, impostos e fluxo de caixa são calculados a fim de realizar a avaliação final do processo.

Assim, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um programa computacional para apontar as tendências, tecnologias de produção e o contexto brasileiro de energias renováveis, enfatizando a importância da substituição do combustível fóssil por fontes energéticas renováveis, os biocombustíveis, visando ampliar as discussões que envolvem a produção deste e, principalmente, simular um cenário de produção de biodiesel.

## **2. Metodologia**

Para realizar o estudo dos processos de produção de biodiesel, foi elaborado um programa operacional em planilha eletrônica. As etapas do programa são:

Etapa 1: Entrada de dados do usuário. Nesta etapa, é possível a entrada dos seguintes dados:

matéria-prima utilizada, quantidade produzida por dia, tipo de glicerina utilizada, índices financeiros para a produção e índices financeiros para o empréstimo, conforme mostra o Apêndice I, como exemplo do caso base:

Etapa 2: Após a entrada de dados, a planilha automaticamente calculará o fluxo do processo, o consumo para a produção, demonstrativo de vendas e de caixa, VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno), PAY BACK (Tempo de retorno), cálculos de financiamento, (BNDES), folha de pagamento, custos fixos e inventário.

Caso base: No caso base foi considerada uma planta de produção de biodiesel com capacidade de 50 ton/dia, utilizando o algodão como matéria-prima, processo de transesterificação com rota metílica e catalisador alcalino conforme apresenta o Apêndice 1.

Do fluxo de processo temos valores de entrada do processo e valores dos insumos e seus impostos, conforme mostra detalhadamente o Apêndice I.

Do fluxo de processo também temos os valores de saída do processo, conforme mostra detalhadamente o Apêndice I.

### 3. Resultados e Discussão

DRE: O lucro do caso base para rota química foi de R\$ 396.429,80 reais mensais, sendo que esses valores multiplicados por 12 (1 ano) serão de R\$ 4.757.158 anuais. Temos então o lucro do ano.

VPL: O calculo de VPL baseia-se em fluxos de caixas futuros. Calculando VPL temos um valor de R\$ 22.992.425 reais conforme Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – VPL do Processo de Transesterificação Rota Metílica

Composição V.P.L.				Algodão	Cálculos	
Contas / Exercícios		Lucro Após IR	Taxa Desconto aa	V.P.L.		
Resultado Exercício	Ano 1	4.757.158	16	4.100.998	1	1,16
	Ano 2	4.757.158	16	3.535.343	2	1,35
	Ano 3	4.757.158	16	3.047.709	3	1,56
	Ano 4	4.757.158	16	2.627.336	4	1,81
	Ano 5	4.757.158	16	2.264.945	5	2,10
	Ano 6	4.757.158	16	1.952.538	6	2,44
	Ano 7	4.757.158	16	1.683.223	7	2,83
	Ano 8	4.757.158	16	1.451.054	8	3,28
	Ano 9	4.757.158	16	1.250.909	9	3,80
	Ano 10	4.757.158	16	1.078.370	10	4,41
Total		47.571.576	VPL	22.992.425		

O valor de VPL indica que a empresa que utilizar a rota química terá um retorno líquido sobre o investimento positivo de R\$ 22.992,425 reais, gerando lucro sobre o projeto e recuperando o capital investido.

TIR: A taxa interna de retorno foi de R\$ 13.713.339 reais com financiamento de 90% do BNDES (R\$12.342.005,10 reais) e 10% de recurso próprio (R\$ 1.371.333,90 reais) realizado no caso base. Calculando a TIR, temos um taxa de 32,63%, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – TIR do Processo de Transesterificação Rota Metílica.

**Cálculo da TIR**

<b>Investimentos</b>	<b>(13.713.339)</b>
Lucro 01	4.757.158
Lucro 02	4.757.158
Lucro 03	4.757.158
Lucro 04	4.757.158
Lucro 05	4.757.158
Lucro 06	4.757.158
Lucro 07	4.757.158
Lucro 08	4.757.158
Lucro 09	4.757.158
Lucro 10	4.757.158
<b>TAXA INTERNA RETORNO</b>	<b>32,630%</b>

Pay back time: Um dos métodos de avaliação de um projeto é o índice de Pay back time. Este índice compara o tempo necessário para recuperar o investimento, com o tempo máximo tolerado pela empresa para recuperar o investimento.

Se o fluxo de caixa do Pay Back for constante, podemos calcular o Pay Back através da seguinte formula:  $PB = (VALOR DO INVESTIMENTO) / (VALOR DO FLUXO DE CAIXA)$

Calculando o Pay Back com a fórmula acima temos o resultado apresentado na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Pay Back Time do Processo de Transesterificação Rota Metílica.

**PAY BACK**

<b>Investimentos</b>	<b>(13.713.339)</b>	<b>Saldo do Projeto</b>
		<b>(13.713.339)</b>
Lucro 01	4.757.158	(8.956.181)
Lucro 02	4.757.158	(4.199.024)
Lucro 03	4.757.158	558.134
Lucro 04	4.757.158	5.315.291
Lucro 05	4.757.158	10.072.449
Lucro 06	4.757.158	14.829.606
Lucro 07	4.757.158	19.586.764
Lucro 08	4.757.158	24.343.922
Lucro 09	4.757.158	29.101.079
Lucro 10	4.757.158	33.858.237
<b>PAY BACK</b>	<b>PB (ANOS)</b>	<b>2,88</b>

O tempo de retorno do investimento do caso base é de 2,88 anos, sendo menor do que o tempo mínimo aceitável estimado no projeto de 5 anos, tornando-se viável o empreendimento.

## 4. Conclusões

A simulação de produção de biodiesel de algodão foi escolhida pela importância do biodiesel como fonte alternativa de energia, em substituição às formas de energia fósseis poluentes e não renováveis, e pela possibilidade da cultura de algodão gerar renda no campo.

Como matéria-prima, utilizou-se o algodão por apresentar vantagens quanto ao preço, teor de óleo e não disputar com o setor alimentício. No ranking com oleaginosas como a soja e a mamona, ele vence por fatores como facilidade de acesso e por resultar em subproduto com valor de mercado.

Considerou-se o processo de transesterificação por meio de catálise alcalina homogênea, por ser o processo mais utilizado na indústria. A rota alcalina utilizada pela planta foi a rota metílica.

Verificou-se que o processo de transesterificação catalisada por rota metálica é o mais utilizado por dois motivos principais: custo mais baixo e menor corrosão de equipamentos.

Apresentou-se também uma simulação de planilha eletrônica com um cenário para produção de biodiesel de 50 ton/dia e com 90% de recurso financeiro financiado.

Concluiu-se que a produção de biodiesel a partir de óleo de algodão por rota química se mostrou viável economicamente, desde que respeitados os critérios de decisão da empresa, apresentando um taxa de retorno interna de aproximadamente 32% e pay back time de 2,88 anos.

## **5. REFERÊNCIAS**

BAIL, A. et al. Uso de diferentes sólidos inorgânicos como catalisadores heterogêneos de reações de transesterificação. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, v. 2, 2007, Brasília, DF: Resumos do II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Brasília, DF: ABIPTI, 2007. v. 1.

BIEGLER, L., GROSSMANN, I., WESTERBERG, A., Systematic Methods of Chemical Process Design, Prentice Hall; 1997.

MA, F., HANNA, M. Biodiesel production: a review. Bioresource Technology, v.70, p.1-15, 1999.

PERIN, G. et al. Transesterificação do óleo de mamona via catálise heterogênea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006. Aracaju. Anais... Aracaju, 2006.

PETERSON, C.L., COOK, J.L. THOMPSON, J.C. TABERSKI, J.S. Continuous flow biodiesel production. Appl. Eng. Agriculture N.18 P. 5-11, 2002.

RAMOS, L.P.; KNOTHE G.; GERPEN J.V.; KRAHL J. Manual de Biodiesel. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M.; MENEGHETTI, P. M. R.; WOLF, C. R. Transformação de Triglicerídeos em Combustíveis, Materiais Poliméricos e Insumos Químicos: Algumas Aplicações da Catálise na Oleoquímica, Química Nova, 30 (3), p. 667-676, 2007.

ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleos vegetais. Revista de Química Industrial, v.717, p.17-26, 2001.

## 6. Apêndice I

Dados do Cliente			
Cliente:	DIEGO SOARES PINTO		
Cidade/UF:			
Telefone:			Contato:

Dados do Pedido			
Produto:	Algodão	Tipo de Glicerina:	Glicerol
		(Glicerol, Bidestilada ou Loira)	
Quantidade (T/Dia):	50		

Índices Financeiros para Empréstimo			
BNDES (%)	90,00%	Carência - (mm)	12,00
TJLP (aa)	7,50%	Financiamento (mm)	120,00
Spread (aa)	2,00%	Periodicidade Pgto (mm)	3,00
		Total Periodos (mm)	40,00

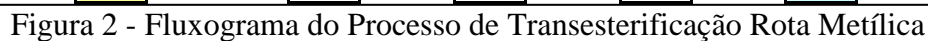
  

Índices Financeiros para Produção (Produto Acabado)			
Biodiesel (L):	R\$ 1,9400	Álcool Hidratado (L):	R\$ 1,2000
Glicerina Loira (kg):	R\$ 0,2800	Resíduo (kg):	R\$ -
Glicerina Bidest (kg):	R\$ 1,7500	Glicerol (kg):	R\$ 1,7000
Farelo (Kg):	R\$ 0,4300		

Índices Financeiros para Produção (Matéria Prima)			
Produto:	Algodão	Quantidade (Ton/Dia):	50
Produto (R\$/kg):	R\$ 0,3500	Óleo Vegetal (kg):	R\$ 1,2600
Ácido:	Sulfúrico	Catalisador:	KoH
(Sulfúrico ou Clorídrico)		(NaOH ou KOH)	
Sulfúrico (L):	0,018	NaOH (kg):	R\$ 0,6000
Clorídrico (L):	0,017	KOH (kg):	R\$ 0,6000
Energia kWh:	R\$ 0,1600	Água (m³):	R\$ 0,0080
Álcool Anidro (L):	R\$ 1,2914	Agente Indutor (kg):	R\$ 0,0150

Figura 1 - Planilha de dados de projeto (Caixeta, 2009).



**PRODUÇÃO** Algodão

Descrição	Qtd	Unid	Valor (R\$)	Total (R\$)	Impostos - %							Total Impostos (R\$)	Frete (R\$)	Margem Contribuição	
					PIS %	PIS R\$	COFINS	COFINS R\$	ICMS	ICMS R\$	Outros R\$			R\$	%
Alcool Hidratado	9.159,89	kg	1,200	10.991,869	0,65%	71,447	3,00%	329,756	12,00%	1.319,024	-	1.720,227	-	9.271,641	84,35%
Biodiesel	49.506,41	kg	1,940	96.042,443	0,00%	-	0,00%	-	12,00%	11.525,093	-	11.525,093	100,00	84.417,350	87,90%
Farelo	76.145,89	kg	0,430	32.742,735	0,65%	212,828	3,00%	982,282	12,00%	3.929,128	-	5.124,238	-	27.618,497	84,35%
Glicerol	15.239,23	kg	1,700	25.906,693	0,65%	168,394	3,00%	777,201	12,00%	3.108,803	-	4.054,397	-	21.852,295	84,35%
Resíduo	4.712,30	kg	-	-	0,65%	-	3,00%	-	12,00%	-	-	-	-	-	0,00%
TOTALS				165.683,739		452,668		2.089,239		19.882,049	-	22.423,956	100,000	143.159,783	
Glicerina Loira	5.754,69	kg	0,280	1.611,314	0,65%	10,474	3,00%	48,339	12,00%	193,368	-	252,171	-	1.359,144	84,35%
Glicerina	6.330,16	kg	1,750	11.077,786	0,65%	72,006	3,00%	332,334	12,00%	1.329,334	-	1.733,674	-	9.344,113	84,35%
Biodieselada	15.239,23	kg	1,700	25.906,693	0,65%	168,394	3,00%	777,201	12,00%	3.108,803	-	4.054,397	-	21.852,295	84,35%

**CONSUMO** Algodão

Descrição	Qtd	Unid	Valor (R\$)	Total (R\$)	Impostos - %							Total Impostos (R\$)	Frete (R\$)	Margem Contribuição	
					PIS %	PIS R\$	COFINS	COFINS R\$	ICMS	ICMS R\$	Outros R\$			R\$	%
Ácido Sulfúrico	163,050	kg	0,018	2,93	0,65%	0,019	3,00%	0,088	12,00%	0,362	-	0,459	-	2,476	0,8435
Agente Indutor	1.060,000	kg	0,015	15,90	0,65%	0,103	3,00%	0,477	12,00%	1,908	-	2,488	100	(86,588)	-5,4458
Água	0,035	m³	0,008	0,00	0,65%	0,000	3,00%	0,000	12,00%	0,000	-	0,000	-	0,000	0,8435
Alcool Anidro	16.304,500	kg	1,291	21.055,63	0,65%	136,862	3,00%	631,669	12,00%	2.526,676	-	3.295,206	-	17.760,425	0,8435
Energia	79.895	kWh	0,160	12,78	0,65%	0,083	3,00%	0,383	12,00%	1,534	-	2,001	-	10,783	0,8435
KOH	1.060,000	kg	0,600	636,00	0,65%	4,134	3,00%	19,080	12,00%	76,320	-	99,534	-	536,466	0,8435
Óleo Vegetal	50.000,000	kg	1,260	63.000,00	0,65%	409,500	3,00%	1.890,000	12,00%	7.560,000	-	9.859,500	-	53.140,500	0,8435
TOTALS				94.639,97		550,70		2.541,70		10.166,79	-	13.259,19	100,000	71.384,061	
Algodão	208.333,500	kg	0,360	72.916,73	0,65%	473,969	3,00%	2.187,502	12,00%	8.750,007	-	11.411,467	-	-	0,00%

Figura 3 - Consumo na produção de biodiesel por rota química.

Figura 4 - Produção de biodiesel de Algodão por rota química.