

SELEÇÃO DE PROCESSOS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Gorduras Animais vs Óleo de Soja

Esse trabalho é uma tradução realizada por Dr. Claudio Bellaver¹ Pesquisador PhD da Embrapa Suínos e Aves, autorizado por Tina Caparella, Editora da Revista Rencor Magazine. De artigo cuja autoria é de Arvinder Singh, Kirk Cobb e Mike Peterson², publicado na edição de fevereiro de 2007. Salientamos que alguns cálculos foram efetuados para ajustar os volumes de galões para litros usando o fator 3,7854 l/g. Os custos de investimentos e de manufatura referem-se aos preços nos E.U.A., porém, servem de aproximações para o custo estimado em dólares para o uso geral.

A matéria-prima é o melhor componente de custo de produção do Biodiesel. Produzir biodiesel de graxa animal³ e outros subprodutos reciclados pode ser tão lucrativo como biodiesel derivado de óleos vegetais. Por exemplo, embora o biodiesel feito a partir de graxa amarela exija maior capital para investimento e custos operacionais, o alto custo de óleo de soja faz com que a graxa amarela seja uma fonte atrativa para biodiesel.

A escolha de um processo tecnológico para fabricação de biodiesel depende muito da qualidade da matéria-prima, da capacidade da planta⁴, e das exigências de qualidade para o produto final, o biodiesel e seus subprodutos. O processo central da produção de biodiesel é a reação de transesterificação, na qual uma molécula de triglicerídeo reage com três moléculas de metano para produzir três moléculas de metil-ésteres (biodiesel) e uma molécula de glicerol. Entretanto, há diversos outros passos pré- e pós-transesterificação no processo operacional necessários para produzir biodiesel combustível com qualidade dependentes da matéria-prima. A tabela 1 permite comparar os parâmetros de qualidade de fontes típicas de gorduras animais processadas com uma gordura padrão necessária para alcançar a especificação da ASTM⁵ Internacional após a transesterificação.

1 Pesquisador PhD da Embrapa Suínos e Aves, BS100-003, Caixa Postal 65, Brasília, DF, Brasil. E-mail: cbellaver@embrapa.br
2 Superior Process Technologies, Inc.
3 Graxa e outros produtos usados para indicar gorduras animais em estuário internacional entre líquidos óleos e ácidos (sabão, em geral para uso industrial não combustível).
4 O termo planta é mais usado em inglês do que fábrica, mas deve ser entendido como a fábrica.
5 American Society for Testing and Materials.

Opções para Processamento de Biodiesel

Matérias-primas de qualidade inferior ao padrão para a transesterificação requerem passos adicionais no processamento visando minimizar problemas na produção e produzir combustível de qualidade. Dependendo da fonte gordurosa, diferentes opções de processamento de biodiesel podem ser utilizadas para alcançar os objetivos propostos (Figura 1).

Pré-tratamento das matérias-primas

Com algumas matérias-primas tais como óleo de cozinha e gorduras animais, o material de entrada pode conter proteínas, glicose ou outras substâncias que podem levar a condições de uma reação ineficiente e/ou pobre qualidade do produto acabado. O pré-tratamento de matérias-primas específicas pode envolver passos de lavagem, degumagem, refino ou branqueamento para remover impurezas. Outros passos típicos de processamento podem incluir refino químico, hidrólise por vapor ou glicerólise para reduzir os ácidos graxos livres (AGL) na fonte de gordura.

Esterificação de matérias-primas com alta concentração de AGL

O processo consiste geralmente de um só passo de esterificação com catalise ácida para reduzir o nível

Tabela 1. Amostras representativas de gorduras e seus vários parâmetros qualitativos relacionados ao processo de produção de Biodiesel.

Variáveis	Graxa amarela	Graxa Marrom	Sabo Bovino	Graxa Frango	Matéria-prima típica
Umidade, metil-éster e não saponificáveis (% peso)	0,8	1,22	0,26	0,46	0,1 max
AGL (% peso ácid. oleico)	12,5	42	3,78	1,75	0,5 max
Fósforo (ppm)	< 1	857	< 1	64	10 max
Enxofre (ppm)	< 10	990	< 10	< 10	500 max
Valor do Iod	variável	variável	51	66	< 120

Nota: Valores de enxofre são muito variáveis dependendo da amplitude de amostras obtidas da indústria de subprodutos. Outros parâmetros são testados como parte de procedimentos de análises de indústria de óleos.
Fonte: Baker Commodities, Inc. Los Angeles, LA

CADERNO TÉCNICO

esterificação com catalise ácida para reduzir o nível de AGL no fluxo de entrada para menos que 0,5%. Uma significativa quantidade excessiva de metanol é usada para que a reação seja completada. Toda a água formada durante as reações é removida antes do processo de transesterificação por catalise básica. A esterificação deve incluir recuperação total e purificação de todo o excesso de metanol usado. Como mencionado anteriormente, uma rota alternativa para reduzir AGL na matéria-prima

é a hidrólise por vapor dos ácidos graxos. Com produtos contendo alto nível de AGL que são encontrados nas indústrias de farinha e gorduras animais (graxarias), a rota de esterificação é recomendada para converter AGL em metil-ésteres, maximizando a produtividade.

Transesterificação, purificação do biodiesel:

O processo em dois passos é uma transesterificação com catalise básica, com terceiro passo de lavagem para a produção de biodiesel de alta qualidade com menos do que 0,5% de AGL. O processo inclui a secagem à vácuo do diesel ao final.

Recuperação do metanol e processamento da glicerina:

O processo inclui a separação da glicerina e dos subprodutos ácidos graxos com recuperação completa e purificação de todo o metanol usado na reação de transesterificação.

Destilação do produto:

O biodiesel produzido pode ser ainda mais purificado

Tabela 2. Qualidade do biodiesel antes e depois da destilação

Variáveis	Antes da destilação	Depois da destilação
Glicerina livre (% peso)	0,007	0,008
Glicerina total (% peso)	0,186	0,02
Enxofre, ppm	6	1
Número ácido, mg KOH/g *	0,75	0,5
Fósforo, ppm	< 5	< 5

* Miligramas de hidróxido de potássio por grama
Fonte: Superior Process Technologies Laboratório de P&O

CADERNO TÉCNICO

por destilação à vácuo a qual melhorará a cor e reduzirá o enxofre e a glicerina total no produto final (Tabela 2 e Figura 2). Tipicamente 3 a 5% do biodiesel terminam como fundo precipitado, podendo ser usado como combustível bunker.

A economia na fabricação de biodiesel

O custo de construção de uma planta de biodiesel depende de muitos fatores que se torna inapropriado generalizar o custo como investimento fixo de dólares por galão. Muitos fontes referem-se a um dólar por galão (3,78 litros) de capacidade como valor típico de investimento, mas esse valor não é consistente devido à variabilidade no tamanho da planta e nas matérias-primas. Da mesma forma que qualquer outro projeto de fábrica química, a economia de escala joga um papel importante na determinação do custo eventual de uma planta, significando que, por exemplo, que a construção de uma planta com metade da capacidade original não

Tabela 3. Custo preliminar (US \$*) estimado para planta de biodiesel com capacidade de 78 milhões de litros/ano, utilizando diferentes opções de processamento qualitativas relacionados ao processo de produção de Biodiesel.

Variáveis	Caso A	Caso B	Caso C	Caso D
Custo do equipamento (unidade básica do processo) - Degomagem	-	-	-	263.848
Esterificação ácida	-	560.678	560.678	560.678
Transesterificação	1.179.298	1.179.298	1.179.298	1.179.298
Recuperação do metanol e glicerol	707.540	707.540	707.540	707.540
Destilação do biodiesel	-	-	352.310	352.310
Outros custos relacionados da planta	1.410.659	1.575.564	1.886.906	1.886.906
Tanques de armazenagem	-	-	-	-
Instalação de equipamentos	1.549.823	1.890.848	2.202.764	2.326.773
Tubulação	1.813.623	2.212.694	2.577.702	2.722.819
Instrumentação	593.549	724.154	843.612	891.104
Parte Elétrica	362.725	442.539	515.540	544.564
Estruturas e construções	2.275.273	2.775.926	3.233.845	3.415.900
Utilidades na planta	1.549.823	1.890.848	2.202.764	2.326.773
Taxa de construtores e engenheiros	1.351.974	1.649.463	1.921.560	2.029.738
Contingência (10% do custo total)	1.384.949	1.689.694	1.968.427	2.079.244
Custo total da instalação, US \$	14.179.236	17.299.246	20.152.946	21.287.496
Custo total, US \$/litro/ano	0,19	0,23	0,27	0,28

* Valores sem decimais, exceto na última linha

irá necessariamente cortar o capital de investimento pela metade. O primeiro passo no desenho de uma planta de biodiesel é identificar as unidades de processo necessárias para o processamento de uma dada matéria-prima em biodiesel de qualidade.

Cada unidade de processo adicional soma custos ao total instalado na planta. A precisão na estimativa do custo de um projeto depende do desenho disponível, da precisão dos dados de custo disponíveis e no tempo gasto na preparação das estimativas. O custo fixo total necessário para construir uma planta de biodiesel pronta para funcionar inclui os custos de:

- capital para equipamentos (inclusive tanques) e instalações;
- tubulações, instrumentação e sistemas de controle;
- construção e estruturas;
- facilidades auxiliares, como: utilidades (energia, água), terra, trabalho de engenharia civil;
- desenho da planta e outras supervisões de engenharia e construção.

Para entender melhor os custos instalados de uma planta, quatro diferentes casos

Tabela 4. Comparação do custo de manufatura (US \$/litro)

Variáveis	Caso A	Caso D
	(Soja RBD)	(Graxa amarela)
Custo da matéria-prima	0,49	0,3
Custo do processamento	0,04	0,06
Reagentes químicos		
Energia	0,02	0,03
Trabalho	0,02	0,04
Taxas fixas	0,03	0,05
Overhead da planta	0,03	0,05
Custo total do processamento	0,14	0,23
Custo da manufatura (US\$/litro)	0,63	0,53

* As taxas fixas incluem depreciação, seguros, aluguel, juros e taxas locais;

** O overhead inclui manutenção e reparos, suprimentos operacionais, proteção contra fogo e segurança operacional, medicamentos, manutenção da edificação e acessos, etc.

*** Todas as estimativas de custo da tabela 4, relacionam-se com a tabela 3.

CADERNO TÉCNICO

Tabela 5. Preços básicos usados para estimar o custo do manufaturado

Variáveis	US \$/unidade	Unidade
Graxa amarela	0,33	US\$/kg
Soja RBD	0,529	US\$/kg
Metanol	0,322	US\$/kg
Metóxido de Sódio (solução 25%)	1,101	US\$/kg
Ácido fosfórico (75%)	0,925	US\$/kg
Ácido hidrocloreico (32%)	0,2	US\$/kg
Hidróxido de sódio (50%)	0,308	US\$/kg
Ácido sulfúrico	0,095	US\$/kg
Eleticidade	0,08	kwh
Energia (vapor)	9,38	100Btu
Energia (fluido térmico)	12	100Btu
Água make-up	1,6	2,8317 m ³
Custo do processo do desperdício de água (demanda química de exigência = 3600 ppm; sólidos suspensos = 250 ppm)	0,001	US \$/litro
Aluguel do tempo	20	US \$/mgpy*

* mgpy = milhões gallons por year (3.785.400 litros/ano)

foram considerados visando combinar diferentes categorias de matéria-prima disponível e a exigência do produto com qualidade. A estimativa preliminar de custo (±30 %) foi obtida baseada nos dados de custo disponíveis e modelos de estimativa de custos para uma planta de 76 milhões de litros por ano em uma planta de fluxo contínuo (Tabela 3). Note-se que adicionando uma unidade extra de processo não somente adiciona o custo do equipamento, mas também aumenta outros custos correlatos, como: tanques, custo de instalação de equipamento, tubulações, instrumentação elétrica, edificação e estruturas, utilidades e, taxas de engenharia.

Exemplo usando a Tabela 3: Para conversão da fonte graxa amarela (±10% de AGL, 200 ppm de fósforo, cor escura) em biodiesel de qualidade, caso D deve ser utilizado, o qual inclui degermagem,

esterificação ácida, transesterificação, recuperação de metanol-glicerol e destilação do biodiesel. Para gorduras e óleos com baixo AGL e matérias-primas processadas como óleos de soja e canola refinados, branqueados e desodorizados (RBD), a opção do caso A produzirá biodiesel de qualidade ASTM e processos adicionais provavelmente não sejam necessários. Mesmo pensando que o capital inicial seja mais alto para o caso D, esse custo justifica-se pelo menor custo da matéria-prima. Uma estimativa do custo de manufatura para obter o produto é necessária para julgar a viabilidade do projeto e fazer a escolha entre as possíveis rotas alternativas de processamento. Em uma fábrica de biodiesel, o custo da matéria-prima é o principal componente do custo operacional total. Outros custos operacionais incluem os reagentes químicos (metanol, catalista, ácidos, bases), a energia (vapor, aquecimento do óleo, água de resfriamento), o trabalho (dependente de unidades de processo e tamanho da planta), os custos fixos (tratamento de água e resíduos) e a margem da planta.

O processo de destilação está encontrando aceitação na indústria, uma vez que agrega valor ao processamento final do biodiesel. Embora o capital e custos operacionais de uma unidade de destilação sejam significativos, incluir esta opção no desenho do processamento adiciona qualidade pela remoção de coloração, glicerídeos não reativos e contaminantes como enxofre. O uso de matérias-



Figura 2. Biodiesel de graxa amarela antes e após a destilação

prima de baixo custo para produção de biodiesel resulta em maiores custos de investimento e de processamento. Entretanto, o menor preço da matéria-prima pode resultar em maior margem de lucratividade. Na comparação mostrada na tabela 4, pode haver um maior custo de processamento (US\$ 0,34/3,78 litros) de gordura amarela do que no óleo de soja para produção de biodiesel. Dependente de incentivos federais ou incentivos tributários, biodiesel de matérias-primas do processamento residual do abate pode ser menos dispendioso para manufaturá-lo do que de fontes de óleos vegetais. Uma vez que o custo total é grandemente afetado pelo preço da matéria-prima, o uso de fonte barata

e uma rota de processamento alternativo pode ser uma alternativa bastante atrativa para a produção de biodiesel.

Conclusão

O propósito desse artigo é ajudar aos futuros produtores de biodiesel entender os componentes envolvidos na construção de uma planta de biodiesel e os custos relacionados. Existe uma relação de troca entre o maior capital para investimento e custos de manufatura versus menores preços de matérias-primas como subprodutos para produção de biodiesel. Novamente, a rentabilidade da planta pode também ser influenciada pela política de tributação.

Figura 1. Opções de processamento de biodiesel dependendo da qualidade da fonte.

