ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO E ECONÔMICO DE DIFERENTES ÓLEOS VEGETAIS BRASILEIROS PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL

ARAÚJO, K.M; OLIVEIRA,A.K.C; COSTA, G.B; QUEIROGA, R. N. G. e PANNIR SELVAM, P.V.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA –CENTRO DE TECNOLÓGICA
GRUPO DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE CUSTOS E PROCESSOS
CEP:59.072.970 FONE: (084) 215-3769 FAX: (084) 215-3770
www.ufrngpec.hpg.com.br ***e-mail:kalinema@eq.ufrn.br***

RESUMO

Este trabalho visa delinear algumas rotas de produção de biodiesel em pequena e média escala através das matérias-primas brasileiras, com possibilidade de melhoramento econômico obtendo, concomitante à produção de biodiesel, co-produtos de glicerol. Será apresentada uma visão geral de produção de biodiesel no Brasil e perspectivas de tecnologias inovadoras no mundo. Foram realizados estudos de caso e de síntese de projeto realizando-se duas rotas diferentes: pequena e média escala. Na primeira rota, escolheu-se como matéria-prima óleos vegetais com produção de biodiesel e co-produção de gliceroato de amido. A segunda rota escolheu-se óleo vegetal cru produzindo biodiesel e como co-produto fertilizante e emulsificante para alimentos à base de glicerol. Os processos utilizados para cada rota foram os seguintes: extração e transesterificação simultânea (relacionado à matéria-prima de óleo vegetal); extração/esterificação simultânea (relacionado à matéria-prima de óleo vegetal cru; o processo de separação de produto foi feita por evaporação e destilação ou extração super crítica usando $C0_2$. Foram realizados estudos do caso de síntese de projeto avaliação de projeto via software simulador super pró-designer V3.0. Intelligen.Inc.

Uma seleção de processo de extração de óleo de custo mínimo, usando a torta de soja para a extração e transesterificação simultânea, com aproveitamento da proteína de soja como co-produto tornou-se uma solução útil e inovadora para projeto preliminar de sistema.

ABSTRACT

In the present work are outlined some of the production process route for biodiesel production based on Brazilian raw materials with focus on economics improvement through co product valorization from glycerin. The general view of Brazilian biodiesel program and the other perspective process innovations are also reported. Project sythysis with case studies was made for two different routes. In the first route, soya bean oil and castor oil are selected. In the second route we selected simultaneous extraction and transferication process and oil cake as feed stock for biodiesel production with co production of glicerated starch for emulsion from glycerin and fertilizer. The processes that have been used for different process synthesis are: Esterification, Extraction, and Separation process using evaporation and distillation, purification. The preliminary project case study has shown that biodiesel production cost are very high and not have economical viability, but the use of Soya bean, oil cake as feed stock, simultaneous transferication, has been observed to be economically viable for production of biodiesel in Brazil.

INTRODUÇÃO

Os óleos vegetais podem ser encontrados normalmente de sementes das plantas e ocasionalmente na polpa de frutos. Os óleos vegetais são constituídos principalmente de glicerídeos, contendo outros lipídeos em pequenas

quantidades. Os ácidos graxos que esterificam o glicerol apresentam, muitas vezes, cadeias alinfáticas saturadas, mas, freqüentemente, cadeias insaturadas estão presentes. As diferenças funcionais entre os ácidos graxos constituintes dos óleos vegetais determinam as diferenças entre certas propriedades destes óleos tais como: ponto de fusão, calor e peso específicos, viscosidade, solubilidade, reatividade química e estabilidade térmica. Devido a grande diversidade de óleos vegetais e alta produtividade (soja, mamona, dendê, algodão, pupunha), o Brasil demonstra grande abertura para uma nova alternativa energética no que se refere à substituição do diesel a partir de biocombustível, ou seja, o diesel produzido de óleos vegetais. Uma grande vantagem do biodiesel é sua eficácia como aditivo (de até 20% sem qualquer adaptação para o motor), podendo ser agregado ao diesel de petróleo. Preocupados com a iminência do esgotamento de reservas de petróleo e em manter o equilíbrio ambiental, governos e corporações passaram a investir cada vez mais na pesquisa de combustíveis mais "limpos", como alternativa energética; estes combustíveis está sendo alvo de pesquisas destinadas a torná-los economicamente viável, desta vez substituindo o diesel fóssil pelo biodiesel, nome dado ao "diesel" extraído de óleos vegetais.

Este trabalho visa delinear algumas rotas de produção de biodiesel em pequena e média escala através das matérias-primas brasileiras,destacando-se os óleos vegetais, com possibilidade de melhoramento econômico obtendo, concomitante à produção de biodiesel, co-produtos como sabão e emulsificante de alimentos (glicerol).

ESTADO DA ARTE DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

BIODIESEL NO MUNDO

O biodiesel é fruto da evolução das pesquisas para obtenção de sucedâneo vegetal para o óleo diesel. Parte desta trajetória será retratada a seguir. A tabela 01 mostra a evolução das pesquisas científicas para fundamentar o uso de biodiesel através de óleos vegetais, baseado no trabalho de Salama 1982.

O histórico do uso de óleos vegetais, ainda puros, em motores de combustão interna remonta ao início da operação satisfatória do próprio motor Diesel, em fins do século retrasado. Rudolf Diesel projetou em 1896 seu primeiro motor, com eficiência da ordem de 26%, qual foi testado com petróleo , álcool e, em 1900, com óleo de amendoim, com Exposição de motores em Paris, foram apresentadas as três opções. Veja os principais fatos do biodiesel na tabela 01.

BIODIESEL NO BRASIL

No Brasil, a questão do uso energético de óleos vegetais começou a ser discutida pelo governo federal em 1975, sob a coordenação do Ministério da Agricultura, dando origem ao "Proóleo- Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos", que resultou na resolução nº 7 da Comissão Nacional de Energia, a qual nunca foi realmente implantada .A tabela 02 mostra as principais fatos históricos do biodiesel no Brasil, segundo trabalho de Salama.

Tab.02 Principais fatos históricos do biodiesel no Brasil

Ano	Acontecimentos
1923	"Grande riqueza em oleaginosas que o Brasil possui, porém o alto custo da produção do óleo vegetal tornava-o antieconômico como combustível"
1938	"O entrave do alto preço dos óleos vegetais poderia ser afastado aliando a agricultura à química, o que viabilizaria o "petróleo sintético"
1975	"Criado o Proóleo- Plano de produção de óleos vegetais para fins energéticos"
1983	Criado programa para o diesel no Brasil "Proerg- Prodiesel Production Comercial "

ESTUDO DAS DIVERSAS MATÉRIAS-PRIMAS

Diversos tipos de óleos vegetais usados como matérias-primas brasileiras foram estudadas para a verificação das melhores características em função da produção de biodiesel. A tabela 03 mostra os diferentes tipos vegetais estudados para extração do óleo, segundo Coelho, 1982. Dentre eles, os mais aceitas foram o óleo de mamona e o óleo de soja.O óleo de soja é composto por 15% de ácidos saturados e 85% de ácidos insaturados. Dentre os saturados, há um predomínio do ácido palmítico ($C_{16:0}$), seguido pelo ácido esteárico($C_{18:0}$);dentre os ácidos insaturados há um predomínio do ácido linoléico ($C_{18:2}$), seguido pelos ácidos oléico ($C_{18:1}$) e linolênico ($C_{18:3}$). Em relação à mamona, o óleo é o mais importante constituinte da sua semente, sendo o ácido ricinoléico o seu maior componente. O grupo hidroxila confere ao óleo da mamona a propriedade em álcool. Além disso, é um óleo bastante estável em variadas condições de pressão temperatura.

Praticamente toda a produção da mamona é industrializada, obtendo-se como produto principal o óleo e como subproduto a torta de mamona, que tem grande capacidade de restauração de terras esgotadas.

A extração do óleo da semente completa (sem descascar) ou da baga (semente descascada por meio de máquinas apropriadas). O método

utilizado para extrair o óleo pode ser prensagem, a frio ou a quente, ou extração por solvente.

O Brasil é o segundo maior produtor de soja com uma produção de 40.000.000 ton /ano e elevado crescimento na produção anual, cerca de 50%.

Tab01 -. Principais fatos históricos do biodiesel no mundo

Ano	Acontecimentos
1896-1900-França	"Rudolf Diesel projetou seu primeiro motor, com eficiência de aproximadamente 26%, o qual foi testado com petróleo, álcool e em 1900 com o óleo de amendoim sendo apresentado as três opções na exposição universal de motores em Paris"
1922- França	"Soluções para tornar o país independente dos países produtores de petróleo"
1932-Europa	"Craqueamento de óleo de algodão para a produção de derivados da faixa da gasolina e do diesel. Reconhecida a inconveniência sob o ponto de vista econômico"
1939-45- China	"Craqueamento em batelada de óleos vegetais, para produção de carburantes, com aumento de pressão de 20% , em virtude da viscosidade"
1952-França	"Viabilidade técnica de uso dos óleos vegetais não comestíveis, devido à alta acidez, por transesterificação como o óleo de dendê"
1970-2002	"Produção de biodiesel EUA, EUROPA em escala industrial.

Tabela 03- Características físicas do óleo diesel e de alguns óleos vegetais

Características/Óleos	Diesel	Amendoim	Soja	Algodão	Girassol	Babaçu	Dendê	Mamona
Densidade relativa	0,828	0,919	0,920	0,919	0,923	0,921	0,915	0,959
Visc. Cinemática	1,6-6,0	38	36	40	37	32	39	297
Início destilação	165	173	152	-	211	-	-	-
Resíduo de carbono	0,3(max)	0,42	0,45	0,42	0,42	0,22	-	0,18
Número de cetano	45(min)	33	36	40	39	38	42	-
Poder calorífico Inf. Kcal/l	8.400	7.900	7.850	8.050	7.950	7.800	8.330	8.000
Água por destilação	<0,05	<0,05	<0,08	<0,05	<0,05	<0,05	-	0,20
Ponto de névoa	9-19	19,0	13,0	9,0	-	26,0	-	-
Enxofre	1,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Além da produção de biodisel a partir da extração de óleos vegetais. A tabela 04 mostra o rendimento e a produtividade do óleo vegetal.

Tabela04-Produtividade e rendimento de óleo vegetal

Tipos	Grão (Kg/h m^2)	Óleo (L/h m^2)
Mamona (não irrigado)	950-381	450-1590
Algodão (irrigado)	887-910	150-370
Amendoim (irrigado)	237-5160	814-1780
Soja (irrigado)	1980-3660	383-650
Girassol (irrigado)	1325-2470	571-1030

Para o processo tornar-se rentável foi realizada a síntese do processo de produção de co-produtos, como fertilizante líquido e gliceroato de amido, que mostrou-se como melhor ..... entre outros pesquisados por nosso grupo de trabalho.

Mamona e amendoim apresentam maior produtividade de óleo em relação com a soja e girassol.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

MONOÉSTERES DE ÓLEOS VEGETAIS

A transesterificação de um óleo com monoálcoois, especificamente metanol ou etanol, promove a quebra da molécula dos triglicerídeos, gerando mistura de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos correspondentes e liberando glicerina como subproduto. O peso molecular desses monoésteres, é próximo ao do diesel (7).

A similaridade encontrada nos pesos moleculares estende-se às propriedades físico-químicas, o que incentivou o teste dos ésteres graxos como sucedâneo melhor do diesel que os óleos vegetais "in natura". Estudos foram iniciados em 1940, na Bélgica (1) e na França (2), visando à produção em escala semi-industrial da mistura de ésteres etílicos de óleo de dendê e seu uso direto em motores diesel. O fim da segunda grande guerra e o baixo custo de petróleo paralisaram os estudos, retomados em anos recentes na África do sul (3) e no Brasil (4) , (5), onde a produção de ésteres graxos para fins energéticos foi conduzida de forma pioneira pela empresa PROERG- Produtora de Sistemas Energéticos Ltda.

Verificou-se porém a combustão incompleta, como no caso dos óleos "in natura",

revelada pela formação de fumaça branca, e também um efeito acentuado de lavagem do óleo lubrificante das paredes do cilindro do motor, aumentando seu desgaste. O efeito foi detectado pela redução inicial da viscosidade ou, em certos casos, pela perda total do poder lubrificante do combustível (6), (7).

MISTURAS DE ÓLEOS OU ÉSTERES AO DIESEL

Dados reportados por essa instituição (6) e pelos Centros Técnico Aeroespacial-CTA, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo –IPT e Centro de Pesquisa de Petrobrás –CENPES, indicam que as misturas de óleo diesel com até 30% de óleo vegetal ou seus ésteres metílicos ou etílicos, e as misturas ternárias do diesel com até 20% de óleo vegetal "in natura" e 7% de etanol anidro, têm características físico-químicas e desempenho em motores mais próximos do diesel que os respectivos óleos vegetais ou ésteres "in natura".

A reação de um óleo ou gordura com um álcool, denominada alcoolize, constitui um tipo de transesterificação na qual há formação de novos ésteres com o álcool adicionado pelo deslocamento dos ácidos graxos da molécula do éster original. Os processos de maior interesse prático envolvem monoálcoois, especialmente metanol e etanol e o glicerol. As possibilidades de isolar os ácidos graxos dos triglicerídeos e também de obter produtos modificados destes, tornam a alcoolize o processo de transesterificação mais estudado e de maior aplicação comercial, como registrado em Sonntag (4)

METODOLOGIA PARA SELECAO E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE PRODUÇÃO

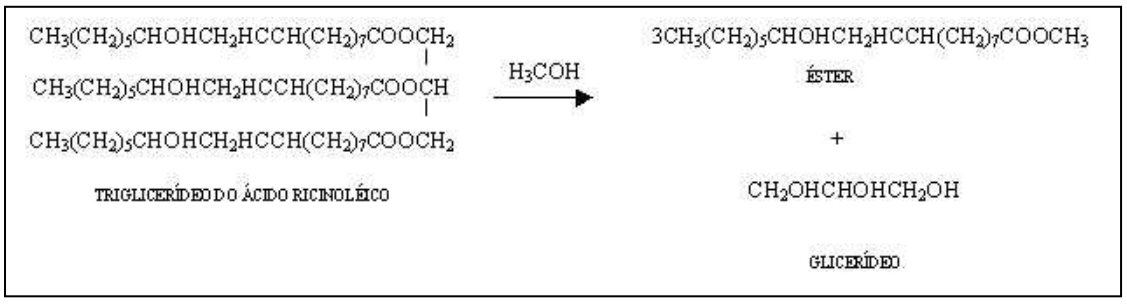
A metodologia proposta para o presente trabalho está fundamentada no trabalho de pesquisas que foram realizadas em escala laboratorial utilizando infra-estrutura de laboratório e tese de mestrado de tensoativos e laboratório de combustíveis da UFRN como primeira parte de desenvolvimento de rotas de projetos básico.Na segunda parte do trabalho utilizará o laboratório de computação do GPEC partindo do projeto básico o desenvolvimento de projeto preliminar , baseado no projeto industrial desenvolvido por Cevengros (1996) como referência de base de dados.

TRANSESTERIFICAÇÃO

A reação de um óleo ou gordura com um álcool, denominada alcoolize, constitui um tipo de esterificação na qual há formação de novos ésteres com o álcool adicionado pelo deslocamento dos ácidos graxos da molécula do éster original.Os processos de maior interesse prático envolvem monoálcoois, especialmente metanol e etanol, e o glicerol. A figura 01mostra a principal forma reacional de produção de biodiesel. As possibilidades de isolar os ácidos graxos dos triglicídeos e também de obter produtos modificados destes, tornam a alcoolize o processo de transesterificação mais estudado e de maior aplicação comercial, como registrado em Sonntag [4].

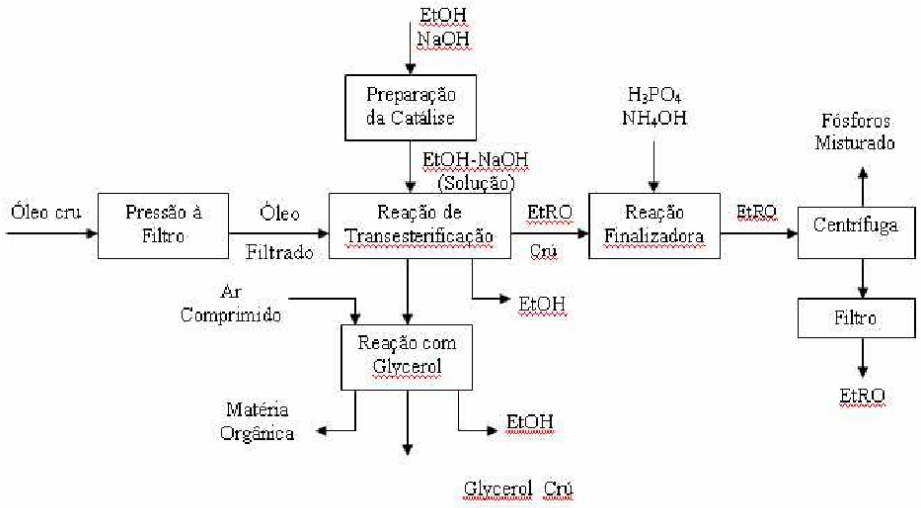
A alcoolize tem lugar em meio reacional com excesso de íons hidroxila. Ocorre então uma redistribuição aleatória dos ácidos graxos, resultando em triglicerídeos diferentes dos originais, mono e diglicerídeos e ésteres do álcool adicionado, além de glicerol livre. Em um meio reacional homogêneo, conhecida a proporção dos reagentes, a composição da mistura no equilíbrio pode ser antecipada. A aplicação desse princípio tornou a interesterificação com glicerol, no grupo mais importante de alcoolizes industriais, uma vez que permite a obtenção controlada de grande número de glicerídeos modificados com uma gama de aplicações comerciais.

Fig. 01- Principal reação envolvida na produção do biodiesel



Para a obtenção do biodiesel será feito através da transesterificação do óleo vegetal bruto, puro ou em presença de NaOH [18]. A figura 02 mostra o sistema de produção de biodiesel com produto principal éster etílico.

Figura02-. Fluxograma – Sistema de processo de produção de biodiesel



Os rendimentos em percentagem serão obtidos baseando-se na massa total de reagentes. As massas correspondentes a perdas e não condensáveis serão obtidos por diferença.

As características físico-químicas do biodiesel serão determinadas de acordo com ANP/ASTMD.

GRAXOS LIVRES

Os graxos livres foram utilizados para processo de produção de gliceroato de amido, como co-produção, pois possui grande quantidade deste, reduzindo os custos de produção de biodisel

ESCOLHA DO SISTEMA

ESCOLHA DE MATÉRIA-PRIMA

Óleo de Soja: O óleo de soja foi escolhido como matéria-prima para o processo de transesterificação simultânea pois além de se encontrar grande quantidade deste na nossa região ,é rico em proteína, fato este que condiciona grande produção de co-produtos, no caso, gliceroato de amido

Óleo de Mamona: O óleo de mamona foi escolhido por ter grande produtividade e rendimento de óleo

vegetal irrigado;

É miscível com álcool;

Pode ser usado como aditivo in-natura devido sua alta viscosidade .

ESCOLHA DE CO-PRODUTOS

Glicerol: Foi utilizado o glicerol pelo fato de ter alto valor de produtos, diversas aplicações e facilidade de fabricação em relação com outro co-produto, alimentos super glicerinados, gliceroato de amido para aproveitamento de mercado de química.

A partir de estudos realizados objetivando a redução de custos do biodiesel, verificou-se inviabilidade com uso isolado de soja ou mesmo mamona, porém visando intensificar o barateamento do biodiesel a aplicação técnica mais apropriada está relacionada à formação de co-produtos como glicerol e amido.

ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Escolhemos um sistema utilizando um reator para transesterificação batelada para o processo de produção de biodiesel com o uso de óleo vegetal e etanol, veja figura (02) e figura (03) do fluxograma a separação de glicerol foi realizada com o uso de evaporador e o biodiesel foi purificado através de neutralização usando ácido fosfórico, com posterior tratamento de hidróxido de amônio gerando fertilizante. A purificação do glicerol foi feita com o uso de carvão ativado através do processo de adsorção.

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL USANDO SIMULADOR

O projeto começou com uma pesquisa bibliográfica para verificação, estudo e seleção de tecnologias já existentes sobre produção de biodiesel baseada na transesterificação do óleo vegetal, levantamento item a item dos processos de produção e aproveitamento de sub-produtos: glicerol e gliceroato de amido.Foram incluídos levantamentos feitos via Internet e Commut,

PROJETO DE INVESTIMENTO

Inicialmente, baseado no dimensionamento dos equipamentos obtidos durante simulação do processo, há o cadastramento desses equipamentos, no intuito de realizar a atualização de seus custos.

Uma vez obtido dados de instalações e custo de equipamentos de acordo com especificações técnicas das máquinas e equipamentos obtidas através por simulador de processos de projeto procede-se o estuda da projeto de custo.

PROJETO DE CUSTOS

Para a simulação econômica do projeto utilizou-se o EXCEL, com software desenvolvido para calcular a viabilidade econômica de projetos de engenharia com atualização de preços de equipamentos; tendo os seguintes dados obtidos do simulador de processo e através da literatura: Catual (Ca)=custo atualizado do equipamento QUE depende de Cbase (Cb)= custo do equipamento disponível na literatura técnica;Aatual(Aa)= dimensionamento do equipamento obtido durante simulação de processo; Abase (Ab) ver na literatura Pannir Selvan.

Simulação do funcionamento usando simulador de processo SUPERPRO inteligente INC deste projeto (Pannirselvam, 1996).

Brasil. Para desenvolvimento do projeto calculou o custo de operação variável, matéria-prima, mão-de-obra direta e indireta, equipamentos e máquinas, depreciação, seguros, etc, auxiliado por computador (Pannirselvam, 1996). Para simulação foi usado método computacional modular com programas desenvolvidos em software Excel versão 97. O menu interativo disponível no programa facilitou o desenvolvimento de análise econômica do projeto preliminar.

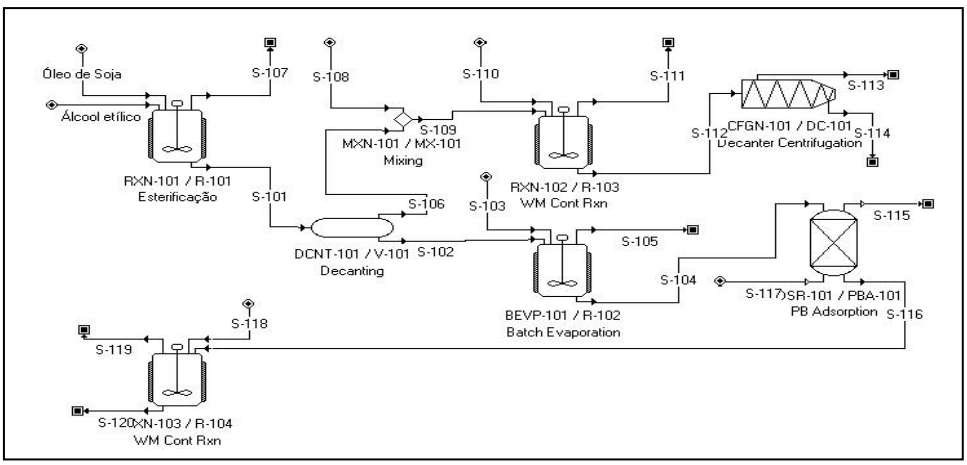
Investimento Fixo: Calculou-se tal investimento, baseando-se nos custos e dimensionamentos dos equipamentos, utilizando-se um modelo econômico baseado nos fatores de Lang e Chilton (Pannirselvam, 1996) que engloba instalações elétricas, instrumentação, tubulação, etc. (Pannirselvam, 1996).

Custo variável: Calculou-se baseado na entrada de dados do número de operadores e de supervisão (em função da necessidade dos equipamentos); Mão-de-obra indireta: calculou-se a partir de uma taxa percentual em relação a mão de obra direta. Matéria prima: calculou-se a partir de dados de consumo, obtidos durante simulação do processo, e o custo unitário da substância, segundo preço de mercado, por unidade de volume ou massa.

Custo fixo: Utilizou-se uma taxa percentual de 10%, em relação ao investimento fixo, para cálculo de manutenção: eqüivale a 3,5% (taxa percentual arbitrária) do investimento fixo obtendo-se custo total:

Custo total = Custo variável + Custo fi

Fig 03. Fluxograma- Sistema de produção de biodiesel usando Super Pro



CENÁRIOS POSSÍVEIS

Para atender as necessidades e especificações técnicas de produção de éster como aditivos no diesel, três alternativas/cenários foram propostas para simulação de projeto de processos..

CENÁRIO 1: Óleo de soja + gliceroato de amido/co-produto via esterificação de óleo foi escolhido óleo de soja como matéria-prima.

CENÁRIO 2: Óleo de mamona (0,75% do preço do óleo de soja)+ gliceroato de amido via esterificação de óleo.

CENÁRIO 3:

SUB-CENÁRIO 3.1: Torta de soja (60% do preço de óleo de soja) mais gliceroato de amido mais proteína de soja via extração e transesterificação simultânea. A tabela 05 mostra Composição centesimal de diferentes tipos de oleaginosas e suas tortas, segundo ORR&ADAIR, 1973.

SUB-CENÁRIO 3.2: Torta de soja (15% do preço de óleo de soja) + gliceroato de amido mais proteína de soja via extração e transesterificação simultânea. A tabela 05 mostra Composição centesimal de diferentes tipos de oleaginosas e suas tortas, com composição principal de matéria-prima para o uso de produção de biodiesdel, segundo ORR&ADAIR, 1973.

Tendo em vista o alto valor do uso da proteína de soja como alimento dietético de r$0,95/kg de produto e baixo valor de torta de soja foram estimados o preço de torta com teor de óleo de óleo de 15% do preço do óleo de soja.

A tabela 05 mostra Composição centesimal de diferentes tipos de oleaginosas e suas tortas

Tab. 05. Composição centesimal de diferentes tortas.

Material	Material seco	Proteína	Lipídios	Fibras	Ext. Liv. N
Soja (grão)	90	33,2	17,5	4,1	30,5
Soja (torta)	89	44,8	1,5	5,1	32,1
Amendoim (grão)	94	26,8	44,9	2,6	17,5
Amendoim (torta)	90	45,4	6,0	6,5	26,4
Gergelim (grão)	94	20,4	49,9	6,3	14,9
Gergelim (torta)	91	44,7	11,9	4,5	21,0
Girassol (grão)	93	14,3	32,5	28,2	14,6
Girassol (torta)	90	37,2	23,7	12,1	20,2
Coco	55	4,0	36,0	2,0	13,0
Coco (torta)	90	21,2	7,3	44,2	11,0

RESULTADOS

Seria possível produzir biodiesel a partir de óleos vegetais tanto utilizando-se a soja, quanto a mamona, porém, de acordo com os cenários observados, o cenário referente à torta de soja + gliceroato de amido + proteína de soja via extração e transesterificação simultânea indicava um menor custo total, o que é um indicativo para seleção desse sistema de extração. Nestes cenários, foram observados os seguintes critérios:

O uso isolado do óleo de mamona foi inviabilizado por apresentar um valor superior aos custos para produção do biodiesel já comercializado; do ponto de vista de matéria-prima,não viabiliza o processo apesar do alto teor de óleo verificado no vegetal.

Em relação ao óleo de soja, foi escolhido como matéria-prima para o processo de transesterificação simultânea pois além de se encontrar grande quantidade deste na nossa região é rico em proteína, porém seu uso isolado não proporcionou redução de custos para produção de biodiesel.

O cenário referente à torta de soja+ gliceroato de amido + proteína de soja confere a aplicação técnica mais apropriada porque está relacionada à formação de co-produtos como glicerol e amido, reduzindo os custos e viabilizando a produção do biodiesel.

Pôde-se concluir que o uso das matérias-primas: óleo de soja com preço de R$ 0,95/L com custo de produção estimado de biodiesel de R$ 2,2/L e óleo de mamona com preço de R$ 0,71 (0,75% de preço de óleo de soja) com custo de produção estimado de R$ 0,19/L não obtiveram lucro positivo.

O uso da torta de soja com matéria-prima com preço de R$ 0,57/L (60% do preço de óleo de soja), com custo de produção estimado de biodiesel de R$ 1,6/L e o uso da torta de soja com preço de R$ 0,14(15% do preço de óleo de soja), com custo de produção estimado de biodiesel de R$ 1,32 obtiveram lucro positivo. Veja a tabela de resultado dos cenários possíveis.comparativos.

Tabela.06.Resultados comparativos de custo de produção de biodiesel no Brasil

CENÁRIOS	MATÉRIA-PRIMA	CUSTO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL (R$/ L)	RESULTADO DE LUCRO
C1	ÓLEO BRUTO DE SOJA	2,2	NEGATIVO
C2	ÓLEO BRUTO DE MAMONA(75% DO PREÇO DO ÓLEO DE SOJA)	1,9	NEGATIVO
C3.1	ÓLEO EXTRAÍDO COM USO DE TORTA (60% DO PREÇO DO ÓLEO DE SOJA)	1,6	POSITIVO
C3.2	ÓLEO EXTRAÍDO COM USO DE TORTA(15% DO PREÇO DO ÓLEO DE SOJA)	1,32	POSITIVO

Tabela.07.Dados dos casos de estudo e parâmetros de análises econômicas

Quadro de parâmetros técnicos e econômicos	C1	C2	C3.1	C3.2
A _ Investimento fixo, R$	1955000	1955000	1920000	1895000
B1 _ Custo de operação anual, R$	1948000	1948000	1560000	1282000
B2 _ Depreciação, R$	326000	326000	326000	326000
B3 _ Matéria-prima, R$	964000	9640000	576000	299000
B4 _ Custos fixos, R$	1729000	1729000	1729000	1729000
B5 _ Custo total de operação anual, R$ (B1+B2+B3+B4)	13643000	13643000	4118000	3636000
C _ Custo de Produção, R$/ Kg	2,200	1,999	1,601	1,316
D _ Custo de venda anual, R$	1813000	1813000	1813000	1813000
E _ Lucro Total por ano, R$	-135000	-135000	253000	530000
F _ Benefício/ custo razão (E / B5)	-0,00865	-0,00865	0,06143	0,1457
G _ Valor presente líquido (NPV), R$	-2860000	-2860000	-337000	914000

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Através das simulações realizadas no SuperPro Designer, pôde-se concluir que a utilização do óleo de mamona como matéria-prima para a produção do biodiesel e co-produtos mostrou-se mais caro que o óleo de soja.

O aproveitamento de co-produtos é indispensável pela necessidade de diminuir custos de matéria-prima que se encontra elevado e para melhorar a economia do projeto.

Uma seleção de processo de extração de óleo de custo mínimo, usando a torta de soja para a extração e transesterificação simultânea, com aproveitamento da proteína de soja como co-produto tornou-se uma solução útil e inovadora para projeto preliminar de sistema.

O estudo detalhado da produção de biodiesel e co - produtos com uso de torta de óleo vegetal como matéria-prima, pois apesar de ter o custo de produção superior ao do diesel comum, em torno de R$ 0,88/L e pouca produção do biodiesel como uso de proteína hidrolisada. Nosso estudo preliminar possui um erro de estimativa significativa, porém possui viabilidade econômica sendo possível por em escala industrial, através do uso do processo inovador, ou seja , através da transesterificação simultânea desenvolvido no Brasil. (CTA) e valorização de proteínas de soja para alimentos, através de um estudo pleno de desenvolvimento por nosso grupo.

Trabalhos futuros devem se dirigidos pela complementação do estudo apresentado, incluindo a análise de processo de produção de torta, produção de proteína de soja, tendo em vista nosso estudo preliminar mostrou viabilidade econômica desta rota com perspectiva econômica de presente e futuro.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de dedicar seus sinceros agradecimentos ao CNPq/PIBIC; PPGEQ/DEQ/CT/UFRN e a ANP/PRH-14 pelo suporte financeiro com bolsa.

BIBLIOGRAFIA

[1] SIEKAMNN, R. et allii. "**Ensaios sobre a degradação do óleo lubrificante, contaminado com ésteres metílicos de óleos vegetais**". Simpósio Anual da Academia de Ciências do Estado de São Paulo, IV, vol. II, p. 142-45, São Paulo, 1982.

[2] FTI- Fundação de Tecnologia Industrial. "**Avaliação Técnico-Econômica de Óleos Vegetais**". Relatório preparado para a STI/MIC (2 volumes). Rio de Janeiro, 1983.

[3] GEOFFROY, M., "**O Uso de Ésteres como Combustível para Motores Diesel**". Encontro dos Centros de Apoio Tecnológico, X. Brasília (1982).

[4] SONNTAG, N.O.V.; "in Bailey's Industrial Oil and Fat Products (edited by D. Swer), vol. 2, 4th ed. Chapter 4"- "**Fat splitting, esterification and interesterification"**. J. Wiley & Sons, N.Y., 1982.

[5] PARENTE, E.S. e PAMPLONA, C.N.G.- Comentários na V Sessão- **"Pré-tratamento (refino) e mistura"**. I Encontro sobre Tecnologia dos Óleos Vegetais Combustíveis. Revista Energia Fontes Alternativas, II, nº 11, p. 60-61.
[6] "**Transesterificação de óleos vegetais: Alternativa de Substituição do Diesel**". CETEC Notícias, nº 13, Belo Horizonte, MG 1983
[7] CARIOCA, J.O.B., Pannir Selvam, P.V. et al. **"Energy from Biomass". Impact of Sciences on Society**, 148. p. 305, 1988.