

**Chamada Especial Biocombustíveis**

**Avaliação da Flexibilidade de Escolha dos Insumos de Produção do  
Biodiesel através da Teoria de Opções Reais**

The Option Value of Switching Inputs in a Biodiesel Plant

Gilberto Master Penedo  
PUC-Rio  
Elton Tizziani  
PUC-Rio  
Luiz E.T. Brandão  
PUC-Rio

Artigo recebido em janeiro de 2008 e aprovado em setembro de 2008

## **Resumo**

A crescente preocupação ambiental e dependência energética de combustíveis fósseis têm aumentado a importância do uso de combustíveis renováveis e menos poluentes. Dentro deste cenário, o biodiesel é uma alternativa que apresenta diversas vantagens em relação ao diesel fóssil, ou petrodiesel, além de possuir propriedades físicas semelhantes. Neste trabalho mensuramos o valor que advém da flexibilidade existente para o produtor de biodiesel da escolha do insumo utilizado na sua produção através da metodologia das opções reais. Os nossos resultados indicam que essa opção de escolha de insumos tem valor significativo quando se assume que os preços futuros destes insumos seguem processos estocásticos como Movimento de Reversão à Média e Movimento Geométrico Browniano, que pode ser suficiente para viabilizar o uso de insumos que não seriam recomendados pela análise tradicional. Dadas as diferenças significativas nos resultados encontrados, observa-se que a seleção do processo estocástico e seus parâmetros é um fator importante na valoração desta classe de projetos.

**Palavras-Chave:** Biodiesel; Opções Reais; Simulação de Monte Carlo; Modelo de Reversão à Média.

## **Abstract**

There has been a growing concern in recent years about the quality of our environment and dependence on fossil fuels to supply the energy needs of the world, which has created an interest in the development of renewable and less polluting energy sources. One of such alternatives is the biodiesel, which has many advantages relative to the fossil based diesel, or petrodiesel, aside from being physically equivalent. We use the real options approach to determine the value of the managerial flexibility that a biodiesel plant has to switch inputs among different grain commodities. Our results indicate that the option to choose inputs has significant value if we assume that future prices follow stochastic processes such as Geometric Brownian Motion and Mean Reversion Models, and can be sufficient to recommend the use of input commodities that would not be recommended the traditional valuation methods. Given that each of these models provides different option values, the choice of model and parameters has a significant impact on the valuation of this class of projects.

**Key words:** biodiesel; Real Options, Monte Carlo Simulation; Mean Reverting Models.

## 1 Introdução

Devido à crescente preocupação ambiental e dependência de combustíveis fósseis, diversos países tem buscado alternativas menos poluentes e renováveis para suprir as suas necessidades energéticas. Em função disso, o desenvolvimento deste tipo de combustíveis vem evoluindo rapidamente, embora alguns deles ainda sejam menos viáveis e lucrativos que os combustíveis fósseis. Uma destas alternativas é o biodiesel, obtido a partir do uso de óleos vegetais. A implementação de um programa energético levando-se em conta o aproveitamento dos óleos vegetais abre oportunidades para grandes benefícios sociais decorrentes da valorização do campo e da promoção do trabalhador rural, além das demandas por mão de obra qualificada para o processamento e, em muitos casos, beneficiamento dos óleos vegetais.

A importância do biodiesel para o Brasil deve-se a diversos motivos. Primeiramente, por se tratar de uma alternativa para a diminuição da dependência dos derivados de petróleo, ajudando a diversificar a matriz energética brasileira. Segundo, por ser um componente obrigatório no curto/médio prazo na composição do óleo diesel comercializado no território nacional. A criação de um novo mercado para as oleaginosas, possibilitando a geração de novos empregos em regiões carentes do país e aumentando seu valor agregado com a sua transformação em biodiesel também é um grande motivador para o seu desenvolvimento, além de proporcionar uma redução na emissão de poluentes e uma alternativa para exportação de créditos de carbono relativos ao Protocolo de Kyoto (LEIRAS, 2006).

A literatura sobre a análise de projetos de biodiesel é escassa, e aborda o problema principalmente sob a ótica do custo de produção do biodiesel. LEIRAS (2006) e BARROS (2006) analisam a viabilidade econômico-financeira da implantação de indústrias de biodiesel sob o enfoque de custos de produção, considerando o processo completo desde o plantio do insumo até a venda do óleo combustível e seus subprodutos. Nenhum destes trabalhos, no entanto, projeta fluxos de caixa considerando as inúmeras flexibilidades gerenciais que este tipo de projeto apresenta, tanto em relação à escolha do insumo a ser utilizado, visto que o biodiesel pode ser produzido a partir de diferentes oleaginosas, quando do produto final (óleo vegetal ou biodiesel).

O objetivo deste trabalho é mostrar a importância do uso de ferramentas apropriadas para a análise do processo produtivo do biodiesel. Para isso, propomos uma metodologia para a avaliação das flexibilidades existentes neste processo quanto à escolha dos insumos de produção utilizados, no caso, soja ou mamona, que não são capturadas pelos métodos tradicionais de avaliação de projetos de investimento. Dessa forma, enfocamos apenas no valor agregado a um projeto de investimento numa usina de produção de biodiesel pela existência opção de escolha de insumos, sendo que a sua completa análise de viabilidade dependerá também de outros fatores não considerados neste trabalho. Consideramos um projeto fictício localizado na Região Nordeste do país (Bahia), visto que tal região apresenta solo propício para a cultura das oleaginosas analisadas e concentra cerca de 80% da produção de mamona do país. Assumimos que a planta de processamento está instalada perto das áreas de produção, eliminando assim os custos de transporte associados.

Este artigo está estruturado da seguinte forma. Na seção 2 introduzimos algumas definições e equações relativas aos processos estocásticos utilizados para a modelagem de preços dos insumos de produção do biodiesel, e em seguida abordamos o caso do biodiesel, incluindo aspectos de sua inserção na economia brasileira e mundial e detalhes de seu processo produtivo. Na seção 4 apresentamos a metodologia utilizada para a valoração da flexibilidade de escolha dos insumos analisados. Os resultados da aplicação de tal metodologia são mostrados na seção 5, e na seção 6 apresentamos as conclusões, limitações e sugestões para estudos futuros.

## **2 Modelagem de processos estocásticos**

Um processo estocástico representa uma variável cuja evolução no tempo ocorre de forma aleatória, ao menos em parte. Essa aleatoriedade é que habilita os processos estocásticos para a modelagem da incerteza sobre a evolução de uma variável como, por exemplo, o preço de um ativo (SCARTEZINI, 2006). Os processos estocásticos podem ser classificados como estacionários, quando os seus parâmetros estatísticos se mantêm constantes ao longo do tempo, ou não estacionários, em caso contrário (DIXIT & PINDYCK, 1994). Um dos processos estocásticos mais utilizados para a modelagem de ativos financeiros e reais é o Movimento Geométrico Browniano (MGB), que é um processo de difusão log-normal onde a variância cresce com o tempo. Por outro lado, o fato de que o seu valor esperado cresce exponencialmente com o tempo limita a sua aplicação para preços de ativos que não tendem a se comportar desta maneira, como taxas de juros, taxas de câmbio e algumas commodities.

### **2.1 Modelos de Reversão à Média**

Os Modelos de Reversão à Média (MRM) são utilizados para modelar ativos cujos preços tendem para um equilíbrio de longo prazo. Essa modelagem tenta preencher a lacuna deixada pela modelagem de processos estocásticos que divergem ao longo do tempo (como é o caso do Movimento Geométrico Browniano), fato que, para algumas variáveis como preço de commodities, pode não representar a realidade.

DIXIT & PINDYCK (1994, p.74) ressaltam que os preços de algumas *commodities*, embora possam variar de forma aleatória no curto prazo, no longo prazo tendem a reverter seu comportamento na direção do seu custo marginal de produção. A própria hipótese de equilíbrio de mercado vem ao encontro deste raciocínio, pois, um aumento (decréscimo) de preços estimularia um aumento (redução) da oferta, o que, naturalmente, contribuiria para uma redução (aumento) dos preços. DIAS (1996, p.116) classifica os MRM's em dois grupos. O primeiro é mais usado em aplicações econômicas e produtivas e é baseado no processo de Ornstein-Uhlenbeck. O segundo grupo, usado em aplicações no mercado financeiro (taxas de juros, inflação, entre outras variáveis), usa a família de equações do tipo descrito em SHIMKO (1992, pg.11).

O processo de Ornstein-Uhlenbeck apresenta algumas variações na literatura acadêmica, diferindo na forma da equação estocástica, de acordo com as condições de contorno dos estudos específicos que utilizam tal processo. A forma mais simples desse processo é o Modelo Aritmético de Ornstein-Uhlenbeck, cuja equação estocástica é mostrada a seguir:

$$dx(t) = \eta(\bar{x} - x)dt + \sigma dz(t) \quad (1)$$

Nessa equação,  $\bar{x}$  é o nível para o qual a variável  $x$  tende a reverter e  $\eta$  é chamado de velocidade de reversão, pois potencializa a diferença  $(\bar{x} - x)$ , que dá o efeito de convergência desse processo. DIXIT & PINDICK (1994, p.90-91), mostram que a variável  $x(t)$  tem distribuição normal e demonstram as Equações (2) e (3) respectivamente para média e variância:

$$E[x(t)] = x(0)e^{-\eta t} + \bar{x}(1 - e^{-\eta t}) \quad (2)$$

$$Var[x(t)] = \frac{\sigma^2}{2\eta}(1 - e^{-2\eta t}) \quad (3)$$

Na aplicação deste processo estocástico para *commodities*, é comum adotar-se  $x = \ln P$ , de forma a evitar a ocorrência de preços negativos na simulação desses preços. Dessa forma, os preços serão distribuições log-normal, com média  $E[P(t)] = e^{E[x(t)]}$ . As Equações (4) e (5) podem ser utilizadas para simular o Modelo Aritmético Ornstein-Uhlenbeck (DIAS, 2001, p.7).

$$P(t) = \exp(x(t) - 0.5 \text{var}[x(t)]) \quad (4)$$

$$x(t) = x(t-1)e^{-\eta\Delta t} + \left[ \ln(\bar{P}) + \left( \frac{r - \rho}{\eta} \right) \right] (1 - e^{-\eta\Delta t}) + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2\eta\Delta t}}{2\eta}} N(0,1) \quad (5)$$

onde  $\rho$  é a taxa de desconto ajustada ao risco.

### 3 O Biodiesel

Numa definição ampla, podemos definir o biodiesel como "qualquer combustível de biomassa que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil em motores do ciclo diesel automotivos e estacionários". Esta designação se aplica aos ésteres de ácidos graxos obtidos principalmente por transesterificação metílica ou etílica de óleos vegetais ou gorduras que

podem ser utilizados como combustível diretamente em motores ciclo diesel, em substituição total ou parcial do diesel fóssil, ou petrodiesel. Esse combustível é de enorme importância hoje em dia no Brasil e corresponde atualmente a 36% de cada barril de óleo processado no país. A principal área de consumo é o setor de transportes, com cerca de 57% do consumo de derivados de petróleo do Brasil, sendo 89% destinados ao transporte rodoviário (SCHROEDER, 1996).

A idéia de utilizar óleo vegetal como combustível data de 1895, quando Rudolph Diesel apresentou um equipamento projetado para óleo diesel podia ser operado com óleo de amendoim (CHALKLEY, 1919). A sua utilização em larga escala como combustível, porém, nunca atraiu maiores atenções, exceto nos casos de crises energéticas como a ocorrida durante a Segunda Guerra Mundial e nos períodos de escassez de energia nos anos 70 (RODRIGUES et al., 2003). Com o aumento da demanda e a redução nas descobertas de novas reservas petrolíferas, o desenvolvimento de um combustível renovável é cada vez mais importante. Em 2003, o Brasil consumiu cerca de 36 bilhões de litros de diesel, tendo sido gastos cerca de US\$800 milhões na importação do produto (RODRIGUES et al., 2003). É possível que com a produção de biodiesel em larga escala no Brasil, o país possa atingir a auto-suficiência em relação ao diesel como ainda, pelas suas características geológicas e extensão agrícola, torna-se um exportador do produto à semelhança do etanol.

O biodiesel pode ser produzido a partir de diversas oleaginosas, tais como soja, algodão, mamona, palma, coco de babaçu, girassol, nabo forrageiro, pinhão manso, amendoim, canola e abacate, entre outras. Além de ser produzido a partir de óleos de sementes, o biodiesel pode ser produzido também à base de sebo de animais e de óleos de fritura usados. Dentre algumas vantagens do biodiesel em relação ao óleo diesel derivado do petróleo, podemos citar a maior capacidade lubrificante, redução das emissões de compostos que contém enxofre, biodegradabilidade e redução de gases nocivos ao efeito estufa.

O biodiesel é um combustível ambientalmente correto, renovável e menos poluente, com vantagens comprovadas sobre o diesel convencional. Quando queimado no motor a diesel, libera 36% menos particulados que o petrodiesel, além de não apresentar qualquer toxicidade para o ser humano. Há ainda a possibilidade de comercializar seus subprodutos, como o glicerol e derivados, além do próprio farelo das sementes oleaginosas destinadas à produção de ração animal, permitindo a geração de receitas ao longo de todo o processo produtivo. Outra vantagem do biodiesel é que pode ser usado diretamente no motor sem nenhuma modificação ou maiores gastos em manutenção devido ao fato de que suas propriedades físico-químicas são praticamente idênticas ao do diesel convencional, além de possuir maior poder lubrificante, o que contribui para uma maior longevidade do motor.

### **3.1 Panorama Mundial**

O biodiesel tem impulsionado veículos nos Estados Unidos e ao redor do mundo com milhões de quilômetros de uso com total êxito. Os Estados de Minnesota e Dakota do Norte aprovaram leis que obrigam todo o diesel comercializado nesses estados a terem no mínimo 2% de biodiesel. Com isso, estima-se que apenas no estado de Dakota do Norte haverá uma redução

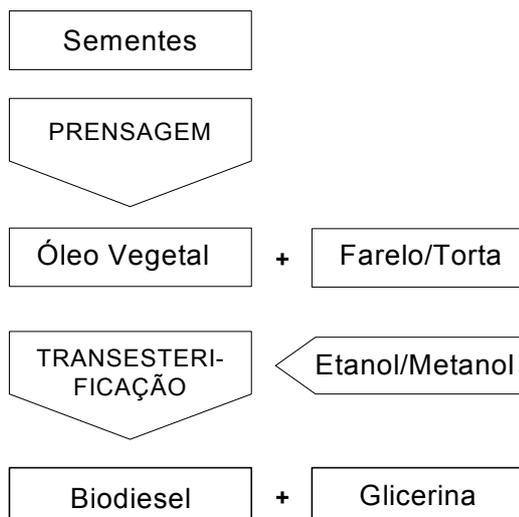
anual nas emissões de 80 toneladas de monóxido de carbono, 9 toneladas de hidrocarbonetos, 7 toneladas de particulados, 7 toneladas de agentes de chuva ácida, além de uma diminuição de 80% nas emissões de agentes cancerígenos. Na França, por lei, todo combustível diesel contém 5% de biodiesel na mistura, o que gera benefícios não somente reduzindo a poluição dos veículos, mas também reduzindo a dependência do petróleo importado.

O biodiesel é largamente usado na Áustria e Alemanha, e está ganhando maior aprovação de uso em inúmeros países do Mercado Comum Europeu. A Alemanha vem recomendando fortemente o uso de biodiesel em embarcações, uma vez que se trata de um combustível biodegradável evitando-se problemas ecológicos de vazamento de óleo. Nos últimos anos, autoridades de transporte de massa nos Estados Unidos têm participado dos bens sucedidos programas de demonstração do biodiesel. Estes programas têm demonstrado que o biodiesel reduz as emissões gasosas a níveis aceitáveis em relação ao Programa de Metas do EPA (Programa de Meio Ambiente Americano), enquanto ao mesmo tempo, mantêm o consumo usual por quilômetro, a performance do motor e a longevidade do motor com combustível diesel convencional de petróleo. O biodiesel tem sido testado por organizações de pesquisa e desenvolvimento, incluindo o Instituto de Pesquisa do Sudoeste Americano e Ortotécnico Internacional (SRIOI), que tem comprovações efetivas nas reduções das emissões do programa alvo do EPA, enquanto mantém a performance e duração do motor.

### **3.2 O Processo Produtivo do biodiesel**

O biodiesel é um éster metílico produzido por um processo químico (a transesterificação) que reage óleos vegetais (virgens ou usados) com um álcool, em presença de um catalisador. A transesterificação pode ser substituída por processos como a esterificação ou o craqueamento. O óleo vegetal, por sua vez, é obtido por intermédio do esmagamento dos grãos, gerando como subproduto o farelo ou torta, dependendo da oleaginosa utilizada como insumo. A **Figura 1**, a seguir, mostra de forma simplificada os processos envolvidos na produção do biodiesel.

Figura 1: Processo simplificado de produção do biodiesel



Entre os álcoois que podem ser empregados no processo, estão o metanol, etanol, propanol, butanol e o álcool amílico, sendo o metanol ainda o preferido, devido a seu menor custo e por sua maior atividade (BENDER, 1999). Além disso, MENDES (2005) ressalta que o metanol é mais utilizado por razões de natureza física e química (cadeia curta e polaridade). O glicerol é produzido como subproduto da transesterificação. Este produto tem grande importância para a indústria de cosméticos além de outras aplicações possuindo alto valor agregado. As reações químicas detalhadas e suas respectivas proporções em massa são apresentadas por MENDES (2005). A Figura 2 mostra com detalhes tais reações.

Figura 2: Reação química do biodiesel (transesterificação de glicerídeos)

| <b>Óleo (Triglicerídeos)</b>            | <b>+</b> | <b>Álcool</b> | <b>=</b> | <b>Éster(biodiesel)</b> | <b>+</b> | <b>Glicerina</b> |
|---|----------|---------------|----------|-------------------------|----------|------------------|
| <b>1.000 kg (aprox.)</b>                | <b>+</b> | <b>100 kg</b> | <b>=</b> | <b>1.000 kg</b>         | <b>+</b> | <b>100 kg</b>    |
| <b>ROTA ETÍLICA</b> (reagente etanol)   |          |               |          |                         |          |                  |
| $C_{57}H_{104}O_9$                      | <b>+</b> | $3C_2H_6O$    | <b>=</b> | $3C_{20}H_{38}O_3$      | <b>+</b> | $C_3H_8O_3$      |
| 954 Kg                                  | <b>+</b> | 140 Kg        | <b>=</b> | 1000 Kg                 | <b>+</b> | 94 Kg            |
| <b>ROTA METÍLICA</b> (reagente metanol) |          |               |          |                         |          |                  |
| $C_{57}H_{104}O_9$                      | <b>+</b> | $3CH_4O$      | <b>=</b> | $3C_{19}H_{36}O_3$      | <b>+</b> | $C_3H_8O_3$      |
| 995 Kg                                  | <b>+</b> | 140 Kg        | <b>=</b> | 1005 Kg                 | <b>+</b> | 94 Kg            |

Fonte: MENDES (2005).

### **3.3 Biodiesel Aditivo**

Em 13.01.05, foi promulgada a Lei 11.097 que estabeleceu o percentual mínimo de 5% em volume de adição de biodiesel ao diesel consumido no país (mistura B5) e deu um prazo de 8 anos a partir de sua promulgação para a total implementação desta proporção de mistura. Entre 2008-2013, a proporção de mistura seria de 2% (mistura B2), embora estes prazos possam ser reduzidos por resoluções do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), em face das condições de fornecimento e produção, desempenho do biocombustível nos motores diesel e implicações sociais. Em resolução publicada no Diário Oficial da União do dia 28.10.05, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), decidiu iniciar em 1º de janeiro de 2006 o prazo para atendimento da adição no diesel de 2% de biodiesel.

O Programa Nacional de Produção e Uso do biodiesel possui extensa legislação que regulamenta e autoriza o uso comercial em todo o território nacional. A obrigatoriedade se restringe ao volume de biodiesel produzido por detentores do selo "Combustível Social". Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), a medida leva em conta "a necessidade de induzir investimentos, de forma imediata, para o aumento da produção e oferta nacionais de biodiesel que assegurem a viabilidade, em todo o país, da adoção do percentual mínimo obrigatório de 2% de adição deste biocombustível ao óleo diesel de petróleo".

O produtor de biodiesel detentor do Selo Combustível Social, concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA, é obrigado a adquirir 50% de sua matéria-prima de produtor familiar ou de associações dos mesmos e são somente os detentores do Selo Combustível Social que se habilitam a participar dos leilões públicos promovidos pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).

### **3.4 Mamona**

Devido a sua facilidade de cultivo, a mamona é uma das oleaginosas que podem ser utilizadas como insumo para a produção do biodiesel. Segundo BELTRÃO et al. (2004), dos 452 municípios da Região Nordeste que apresentam potencial de produção de mamona, 189 estão localizados no Estado da Bahia. De acordo com levantamento do Ministério da Agricultura (CONAB, 2007), na Bahia foram produzidas, na safra 2006/2007, cerca de 700 kg de sementes por hectare, com uma área plantada de cerca de 170 mil hectares. O volume da produção dessa região nesse período foi de 78% da produção nacional, correspondente a cerca de 152,3 mil toneladas. O óleo de mamona pode ser usado na medicina, na confecção de cosméticos e produtos de toalete e como matéria-prima para plasticizante e elástico nas resinas e polímeros, entre outros. Seus derivados incluem óleo lubrificante de alta performance para indústria aeronáutica e espuma plástica para a indústria automobilística.

O subproduto do esmagamento, a torta da mamona, tem uso agrícola tanto como matéria orgânica para adubagem do solo e nutrientes às culturas, quanto no controle de nematóides, que são parasitas que causam danos econômicos às culturas do café, soja, hortaliças etc., devido a sua característica nematicida. Pode servir também como ração animal, contanto que passe por um processo de desintoxicação. Dessa forma, a mamona propicia seu aproveitamento total como

insumo, uma vez que até os seus resíduos vegetais podem ser utilizados para a obtenção de celulose, matéria orgânica e reciclagem de nutrientes. Os produtos obtidos pela agroindústria da mamona podem ser considerados “produtos verdes”, possibilitando não somente a diminuição de insumos químicos agrícolas, como a produção de produtos biodegradáveis.

A mamona possui maior produtividade na obtenção do óleo vegetal em relação à soja, porém gera menos farelo (torta) como subproduto do processo de esmagamento, o que impacta fortemente o fluxo financeiro gerado por tais subprodutos. A **Tabela 1** mostra uma comparação das produtividades dos grãos soja e mamona, além de outras informações físicas relevantes. Podemos observar que o processo de extração do óleo não é 100% eficiente, e em função disso o farelo ou torta resultante ainda contém um percentual de óleo. Por exemplo, de cada 100kg de grão de soja são extraídos 18kg de óleo, conforme indicado na coluna 3 da Tabela1. Como a eficiência de extração é de 66%, cerca de  $34\% \times 18\text{kg} = 6,12\text{kg}$  de óleo continuam agregados ao farelo, o que corresponde a 7,11% do total de 86kg de farelo produzido. Nesse processo existem perdas, que no caso da soja são em 2% ( $12\text{kg de óleo produzido} + 86\text{kg de farelo} = 98\text{kg}$ ).

Tabela 1: Produtividade de grãos para obtenção de óleo

| Matéria Prima   | Capacidade<br>(Kg/ha) | Óleo no Grão<br>% | Eficiência (Extração)<br>% | Óleo Produzido |         |        | Farelo Produzido |         |             |
|-----------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|----------------|---------|--------|------------------|---------|-------------|
|                 |                       |                   |                            | % peso         | (Kg/ha) | (L/ha) | % peso           | (Kg/ha) | óleo % peso |
| <b>Soja</b>     | 76                    | 18                | 66                         | 12             | 9,0     | 9,8    | 86               | 65,4    | 7,11        |
| <b>Amendoim</b> | 30                    | 35                | 83                         | 29             | 8,7     | 9,5    | 69               | 20,7    | 8,62        |
| <b>Girassol</b> | 60                    | 35                | 83                         | 29             | 17,4    | 18,2   | 68               | 41,0    | 8,71        |
| <b>Mamona</b>   | 40                    | 40                | 75                         | 30             | 12,0    | 13,1   | 68               | 27,2    | 14,70       |
| <b>Gergelim</b> | 60                    | 60                | 75                         | 45             | 27,0    | 29,4   | 53               | 31,8    | 28,30       |
| <b>Algodão</b>  | 30                    | 16                | 69                         | 11             | 3,3     | 3,6    | 82               | 24,6    | 6,05        |
| <b>Babaçu</b>   | 50                    | 60                | 75                         | 45             | 22,5    | 24,6   | 53               | 26,5    | 28,30       |
| <b>Cacau</b>    | 50                    | 40                | 85                         | 34             | 17,0    | 18,5   | 64               | 32,0    | 9,37        |
| <b>Castanha</b> | 40                    | 45                | 66                         | 30             | 11,8    | 12,9   | 67               | 26,8    | 22,84       |
| <b>Cupuaçu</b>  | 40                    | 25                | 76                         | 19             | 7,6     | 7,8    | 79               | 31,6    | 7,59        |

Fonte: TERRA VIVA (1999).

1 hectare (ha) = 10.000 m<sup>2</sup>

Apesar da mamona não possa ser considerada uma commodity atualmente, neste trabalho a assumimos como tal considerando que o desenvolvimento do mercado de biodiesel fará com que esta cultura passe a ser negociada de forma mais ampla.

### 3.5 Soja

A soja é uma das matérias-primas mais atraentes para a produção de biodiesel, já que das 374,3 milhões de toneladas das dez principais oleaginosas produzidas entre 2004/05, a mesma correspondeu a 212,5 milhões, aproximadamente 57% da produção mundial (BIODIESELBR). A produção nacional é da ordem de 62 milhões de toneladas, atingindo cerca de 30% do total mundial. O óleo de soja é produzido através do processo de esmagamento e tem como subproduto o farelo de soja. Aproximadamente 12% do peso em grãos são transformados em óleo, sendo o restante transformado em farelo, que tem sua maior utilização na produção de rações para gado.

## 4 Metodologia

Com base no processo produtivo do biodiesel, foram selecionados dois tipos de oleaginosas (soja e mamona) como insumos e avaliou-se o ganho proveniente da flexibilidade que um produtor de biodiesel tem em escolher mensalmente qual oleaginosa irá utilizar em seu processo de produção. Assumimos que o preço de venda do biodiesel independe do insumo a partir do qual foi produzido, tornando-se desta forma irrelevante para o cálculo da opção, visto que será projetado o custo e parte do retorno para a produção de 1.000 litros de biodiesel, sejam eles provenientes da soja ou da mamona. A modelagem adotada também considera que a quantidade (kg/ton de óleo) de glicerina produzida independe do óleo vegetal de onde foi extraída, conforme ilustrado na Figura 2 e confirmado nas Equações (6) e (7). Dessa forma, uma vez que as quantidades de glicerina são contabilizadas nos fluxos de biodiesel de soja e mamona na mesma proporção, ela é irrelevante para a decisão de escolha do insumo ótimo e, portanto, não foi considerada no cálculo da opção.

O preço da torta de mamona, subproduto do esmagamento daquele grão, foi assumido constante ao longo do tempo visto que não há dados de mercado suficientes para análise de preços históricos, tendências e volatilidade. Para o prazo de exercício da opção, foi considerado que há flexibilidade suficiente na indústria e oferta adequada dos insumos necessários no campo para que a opção possa ser exercida mensalmente.

No caso brasileiro, existe uma dificuldade adicional do fato de que, ao contrário dos países europeus que utilizam o óleo de colza obtido a partir de uma cultura vegetal não comestível, algumas das culturas de potencial utilização para a produção de biodiesel são alimentícias. Isso significa que o surgimento e futuro crescimento da demanda de óleos vegetais poderia ocasionar um aumento do preço praticado para essas culturas, e, conseqüentemente, para o biodiesel.

Os Processos Estocásticos utilizados na modelagem dos preços das variáveis foram o MRM e o MGB. O primeiro, para este estudo, tende a aproximar-se mais da realidade dada a forte tendência dos dados reverterem para uma média de longo prazo, como será mostrado a seguir.

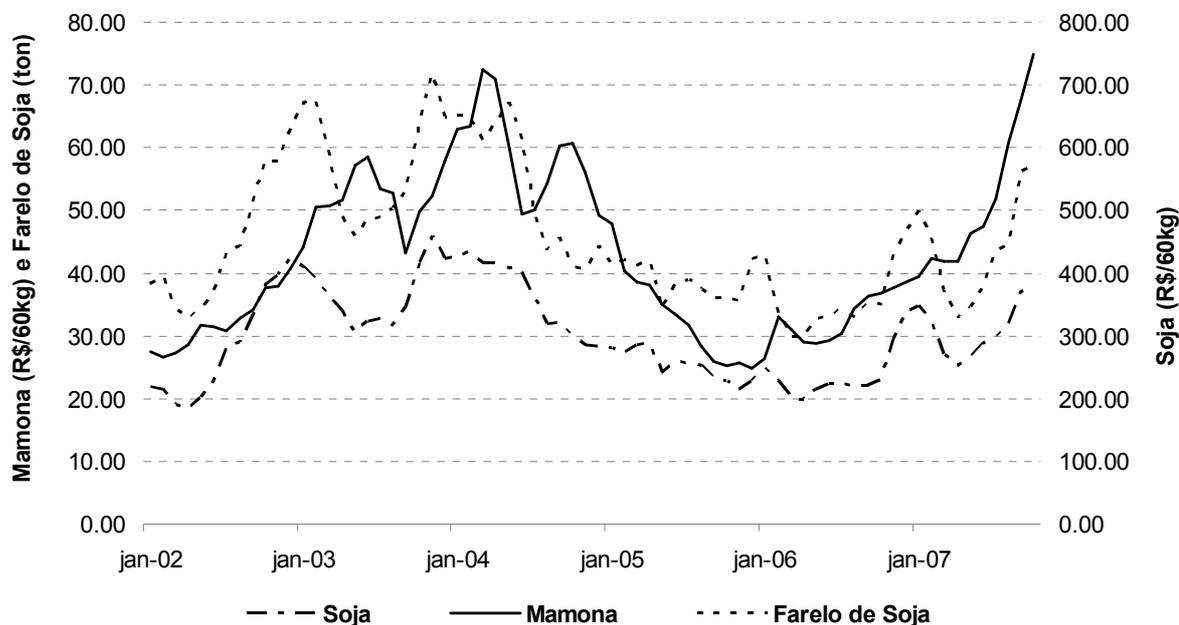
#### 4.1 Coleta de dados

Em função da escolha da mamona como um dos insumos produtivos analisados, uma das premissas simplificadoras para eliminar os custos de transporte foi a escolha da Bahia como local da Usina idealizada neste estudo, conforme já mencionado no item 2 deste trabalho.

As séries históricas de preços da soja e da mamona utilizadas foram baseadas nas séries diárias de preços da SEAGRI (Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia), disponíveis *on-line*, tomando como preços mensais a média aritmética dos preços praticados diariamente. Na falta de dados históricos de preços de farelo de soja na Bahia, foi estimada uma série de preços para esse subproduto com base na correlação entre séries de preço de soja e farelo de soja em São Paulo, conforme a série de preços mensais da ABIOVE (Associação Brasileira de Óleos Vegetais) para tais insumos, disponíveis *online*. Como o mercado de torta de mamona ainda é incipiente e tem pouca liquidez, não foi possível utilizar procedimento semelhante ao utilizado na estimação dos preços de farelo de soja (correlação com outros mercados). Assim, foi considerado o preço corrente (R\$ 750/ton) como melhor estimativa para os preços futuros.

Os preços são cotados em moeda local por saca de 60kg (R\$/60kg) para os grãos (soja e mamona) e em toneladas, para as respectivas tortas. As séries de preços são mensais, coletadas de Janeiro/02 a Outubro/07 (resultando em 70 períodos) e foram deflacionadas pelo IGP-DI (FGV), também em base mensal. Na Figura 3 a seguir, as séries são mostradas em conjunto, em diferentes escalas.

Figura 3: Séries mensais deflacionadas de preços de soja, farelo de soja e mamona – Bahia



#### 4.2 Metodologia do Modelo

O Modelo proposto por este trabalho leva em conta a quantidade necessária de cada grão (em toneladas) para produção de 1000 litros de biodiesel. Esse valor depende, fundamentalmente, do teor de óleo e da eficiência de extração de óleo por grão. Com base na Tabela 1 e na Figura 2, foram montadas as seguintes reações químicas para a produção do biodiesel:

##### **Soja**

128,06 sacas de 60 kg → 6.770 kg de farelo de soja + 910 kg de óleo de soja

910 kg de óleo de soja + 128,44 kg de metanol → 1.000 l biodiesel + 86,24 kg glicerina

##### **Mamona**

52,86 sacas de 60 kg → 2.220 kg de farelo de mamona + 950 kg de óleo de mamona

950 kg de óleo de mamona + 133,87 kg de metanol → 1.000 l biodiesel + 89,89 kg glicerina

O biodiesel e a glicerina produzidos são quase quimicamente idênticos, independente do grão utilizado. Partindo-se desse pressuposto e considerando-se as reações químicas de produção apresentadas, é possível montar os fluxos de caixa para a produção de 1000 litros de biodiesel a partir de cada um dos dois insumos analisados.

Os fluxos gerados não consideram os custos indiretos associados ao processo produtivo, uma vez que assumimos que tais custos são semelhantes para qualquer uma das oleaginosas analisadas. Como o objetivo deste estudo é analisar as flexibilidades do processo produtivo e não tecer considerações a respeito da viabilidade econômica do mesmo, essa simplificação modifica de forma absoluta os valores encontrados, mas não de forma relativa, já que os custos indiretos incidem em ambos os fluxos aproximadamente na mesma proporção (mesmas condições geográficas e produtivas). Dessa forma, tal simplificação não altera a validade dos resultados encontrados.

Na produção de biodiesel utilizando soja e mamona, os fluxos de caixa são mostrados nas Equações (6) e (7), respectivamente.

$$FC_{Biodiesel} = (Receitas_{Biodiesel}) - (Custos_{Biodiesel})$$

$$FC_{BioSoja} = (1000 \times P_{Biod} + 6,77 \times P_{Far.Soja} + 0,086 \times P_{Glic}) - (0,128 \times P_{Metanol} + 128,06 \times P_{Saca.Soja}) \quad (6)$$

$$FC_{BioMam} = (1000 \times P_{Biod} + 2,22 \times P_{Far.Mam} + 0,090 \times P_{Glic}) - (0,134 \times P_{Metanol} + 52,86 \times P_{Saca.Mam}) \quad (7)$$

Nesses fluxos de caixa, o preço do biodiesel é cotado em R\$/litro, do metanol, dos farelos e da glicerina em R\$/ton e o preço dos grãos em R\$/saca. Na produção flexível de biodiesel (utilizando soja ou mamona), o fluxo de caixa ótimo é o maior entre os dois valores acima. Como o produtor do biodiesel pode escolher num determinado mês qual grão utilizará (soja ou mamona) e tal decisão é independente da decisão tomada no mês anterior (sem custos, já que o custo de implantação da Usina é um custo inicial e anterior à produção), o problema pode ser modelado como o exercício de uma série de opções européias.

## 5 Resultados

### 5.1 Manipulação dos dados coletados

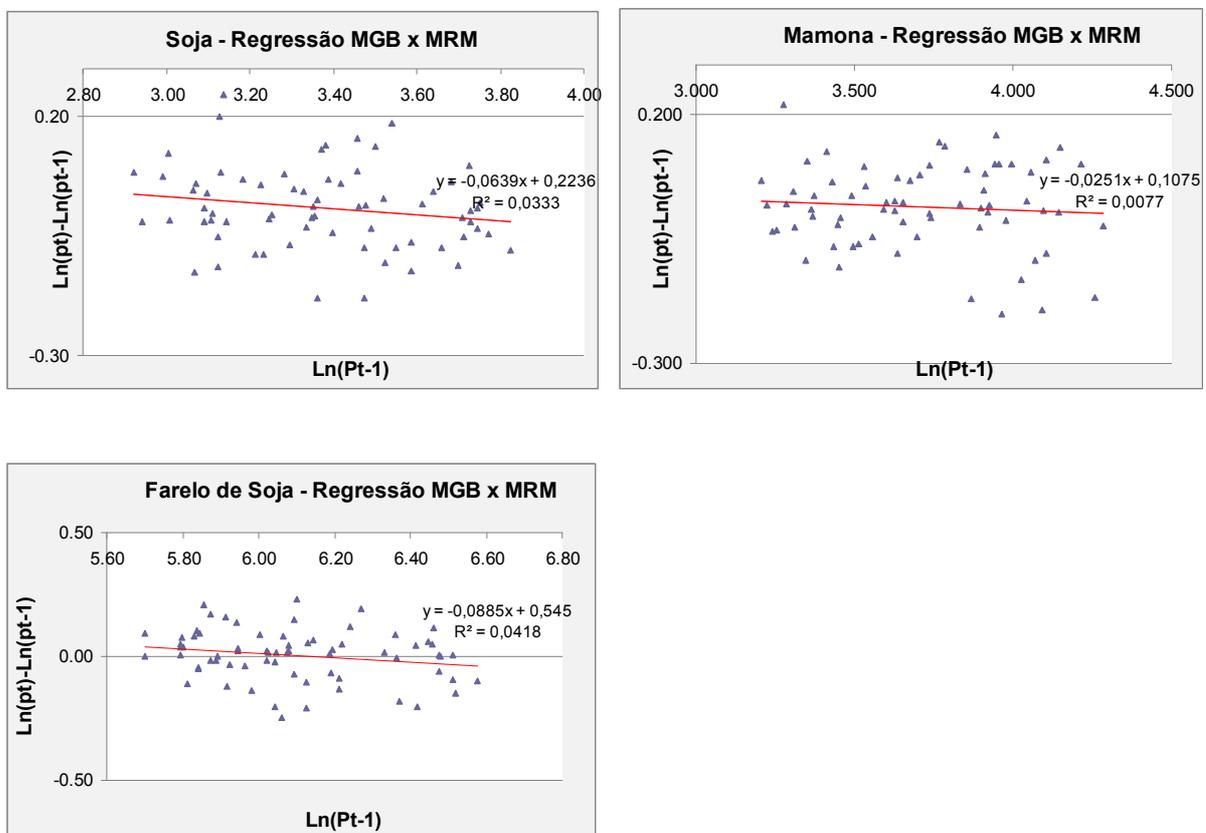
De posse dos dados históricos de preços, primeiramente foram calculadas as volatilidades de cada um dos insumos e do subproduto farelo de soja. As volatilidades ( $\sigma$ ) foram calculadas através dos desvios-padrão da relação  $\ln(P_t/P_{t-1})$  dos preços mensais. Essas volatilidades foram transpostas para base anual, usando o fator multiplicador  $\sqrt{12}$  (doze meses em 1 ano).

Posteriormente, tentou-se rejeitar o MGB, através do teste de rejeição utilizado por DIAS (2005). Esse teste baseia-se na regressão linear simples entre o retorno logaritmo (natural) dos preços da variável em relação ao nível corrente do logaritmo do preço da variável, na tentativa de encontrar indícios de que o retorno depende do nível de preços corrente. A Equação (8) representa a equação de regressão.

$$\ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) = a + (b - 1)\ln(P_{t-1}) + \xi_t \quad (8)$$

Se os preços seguem um MGB, a inclinação da reta deve ser próxima de zero ( $b \approx 1$ ). Analogamente, para a hipótese alternativa de MRM, o parâmetro  $b$  deve indicar um valor negativo e significativamente diferente de 1 (preços altos tendem a cair e preços baixos a subir). Na **Figura 4** são mostradas as referidas regressões para a soja e mamona. Apesar de não ter sido possível rejeitar o MGB, a literatura de opções reais mostra que isso não é uma tarefa fácil. DIAS (2005) cita que testes econométricos aplicados para uma série de preços do petróleo não puderam rejeitar a hipótese do MGB quando 30 anos de dados foram usados e somente nos testes em que foram usados 117 anos de dados é que o MGB foi rejeitado em favor do MRM.

Figura 4 - Resultados da regressão para rejeição do MGB a favor do MRM para os insumos analisados.

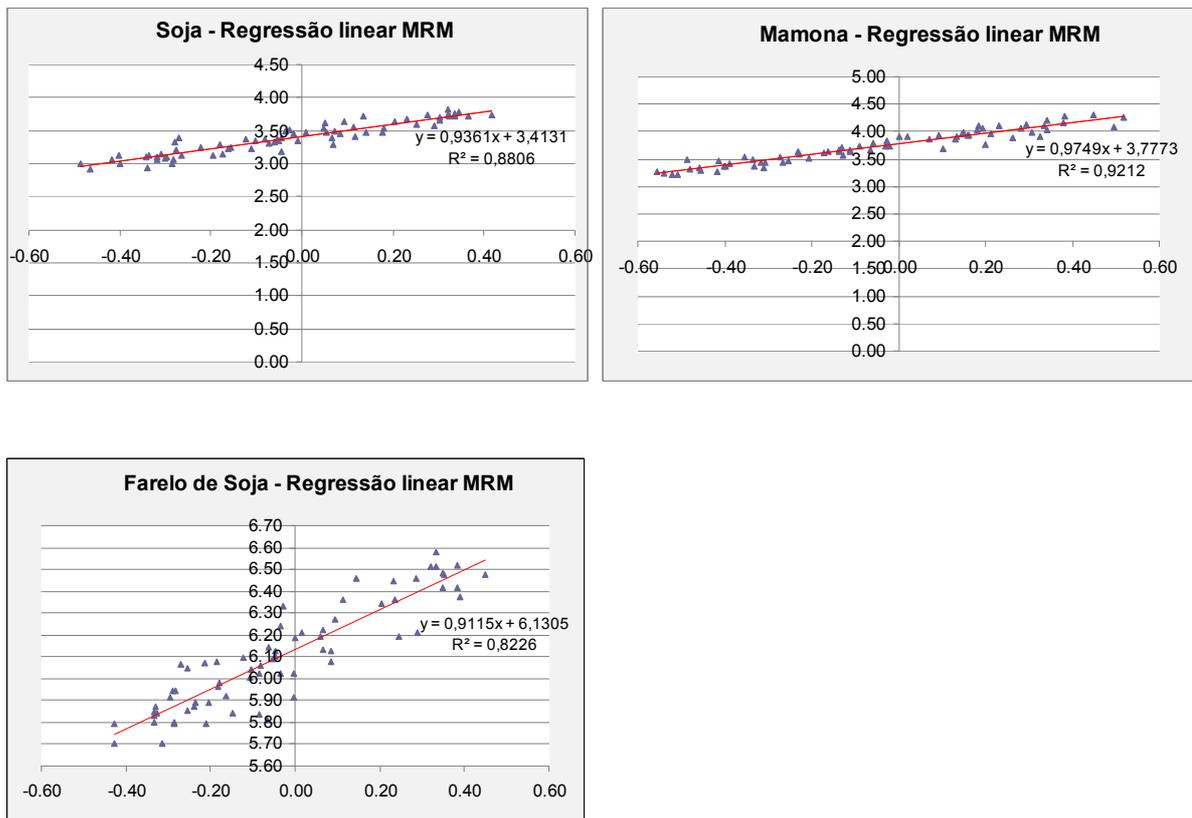


Com base no histórico de não rejeições, a hipótese de utilizar o MRM não foi descartada e uma nova regressão linear foi considerada para o cálculo dos parâmetros necessários para o MRM. Essa nova regressão tenta encontrar uma relação entre o logaritmo natural dos preços da variável e a diferença entre o logaritmo natural do preço num instante anterior e o logaritmo natural do preço médio da série avaliada, conforme a Equação (9):

$$\ln(P_t) = a + b [\ln(P_{t-1}) - \ln(\bar{P})] \quad (9)$$

Nesse caso, obtiveram-se fortes indícios de reversão das séries de dados para seus respectivos preços médios, em vista dos altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) encontrados. O coeficiente de velocidade de reversão à média é tal que  $\eta = -\ln(b) / \Delta t$ . A **Figura 5** mostra os resultados dessas regressões para a soja, mamona.

Figura 5 – Regressão linear dos preços dos insumos analisados



A Tabela 2 mostra os resultados encontrados para os parâmetros do MRM para cada um dos insumos (e subproduto) analisados.

Tabela 2: Parâmetros do MRM para soja, mamona e farelo de soja

|  | Soja           |                | Mamona         |                | Farelo de Soja |            |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
|  | R\$/saca 60 kg | R\$/60 saca kg | R\$/saca 60 kg | R\$/60 saca kg | R\$/ton        | R\$/60 ton |
| Volatilidade - $\sigma$                | 8,55%          | 29,63%         | 8,49%          | 29,41%         | 10,25%         | 35,52%     |
| Coef. de rev. à media - $\eta$         | 0,0660         | 0,7924         | 0,0254         | 0,3050         | 0,0877         | 1,0529     |
| Preço Médio de Longo Prazo - $\bar{P}$ | 30,19          |                | 43,13          |                | 458,33         |            |

|                       |       |       |        |
|-----------------------|-------|-------|--------|
| Preço Inicial - $P_0$ | 37,70 | 74,81 | 570,43 |
|-----------------------|-------|-------|--------|

\* Estimado como Vol. mensal x  $12^{1/2}$ 

Assim como feito para o MRM, também foram encontrados os parâmetros do MGB para cada um dos insumos (e subproduto) analisados. Esses parâmetros são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros do MGB para soja, mamona e farelo de soja

|                         | <b>Soja</b>    |         | <b>Mamona</b>  |         | <b>Farelo de Soja</b> |          |
|-------------------------|----------------|---------|----------------|---------|-----------------------|----------|
|                         | R\$/saca 60 kg |         | R\$/60 saca kg |         | R\$/ton               |          |
|                         | Mensal         | Anual*  | Mensal         | Anual*  | Mensal                | Anual*   |
| Volatilidade - $\sigma$ | 8,55%          | 29,63%  | 8,49%          | 29,41%  | 10,25%                | 35,52%   |
| $v = (r - \sigma^2/2)$  | 0,0963%        | 1,6106% | 0,1017%        | 1,6744% | -0,0637%              | -0,3098% |
| Preço Inicial - $P_0$   | 37,70          |         | 74,81          |         | 570,43                |          |

Na ausência de séries históricas nacionais de preços do biodiesel (ainda regulados por leilões) e dada à dificuldade de obtenção de séries históricas de preços de glicerina e metanol, foram arbitrados preços constantes para estas três variáveis durante o período de avaliação. O preço arbitrado para o biodiesel foi de R\$ 1,863/litro, com base nos preços médios do sétimo leilão público de compra de biodiesel praticado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e biocombustíveis (ANP, 2007). Para a glicerina foi arbitrado o preço de US\$ 325/ton (ou R\$ 650/ton, utilizando a taxa de conversão de R\$ 2,00/ 1US\$), divulgado pelo "Glycerine Market Report" para o mês de setembro de 2007 (OLEOLINE, 2007). O preço arbitrado para o metanol arbitrado foi de US\$ 599/tonelada (ou R\$ 1198/ton, utilizando a taxa de conversão de R\$ 2,00/ 1US\$), de acordo com o preço divulgado pela MB do Brasil Consultoria em biocombustíveis (MB do Brasil, 2007). É importante ressaltar que a arbitragem desses preços não interfere na comparação dos fluxos de caixa de mamona e soja, visto que têm praticamente o mesmo efeito sobre ambos os fluxos.

A Tabela 4 mostra apenas os primeiros seis meses desses fluxos de caixa gerados (de um total de 60 meses), utilizando-se o MRM e o MGB como processos estocásticos dos preços, descontados à taxa livre de risco de 6% a.a. Esses fluxos foram gerados com base nos parâmetros apresentados nas Tabelas 2 e 3, com a aplicação das Equações (6) e (7). O VPL apresentado é o resultante de todos os fluxos de projeto (60 meses) e não apenas dos primeiros seis meses apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Fluxos de Caixa dos seis primeiros meses para os projetos sem flexibilidade utilizando o MRM e MGB para a produção de 1.000 litros de biodiesel (Fluxos em R\$).

| <b>PREÇOS (MRM)</b> | <b>Mês 0</b> | <b>Mês 1</b> | <b>Mês 2</b> | <b>Mês 3</b> | <b>Mês 4</b> | <b>Mês 5</b> | <b>Mês 6</b> |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Soja                | 37,6961      | 37,0981      | 36,6076      | 36,1543      | 35,7350      | 35,3469      | 34,9874      |
| Mamona              | 74,8057      | 73,6472      | 72,6611      | 71,7124      | 70,7995      | 69,9207      | 69,0744      |
| Farelo de Soja      | 570,4339     | 558,0675     | 548,2826     | 539,5133     | 531,6423     | 524,5679     | 518,2017     |

**FLUXOS DE CAIXA**

|                     |           |          |          |          |          |          |          |
|---------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Biodiesel de soja   |           |          |          |          |          |          |          |
| FCL1                |           | 792,94   | 789,51   | 788,19   | 788,59   | 790,38   | 793,31   |
| VPL                 | 47.139,87 |          |          |          |          |          |          |
| Biodiesel de mamona |           |          |          |          |          |          |          |
| FCL2                |           | (466,76) | (414,63) | (364,49) | (316,23) | (269,78) | (222,05) |
| VPL                 | 19.185,46 |          |          |          |          |          |          |

| <b>PREÇOS (MGB)</b> | <b>Mês 0</b> | <b>Mês 1</b> | <b>Mês 2</b> | <b>Mês 3</b> | <b>Mês 4</b> | <b>Mês 5</b> | <b>Mês 6</b> |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Soja                | 37,6961      | 37,6991      | 37,7022      | 37,7052      | 37,7082      | 37,7112      | 37,7143      |
| Mamona              | 74,8057      | 74,8120      | 74,8183      | 74,8427      | 74,8310      | 74,8374      | 74,8437      |
| Farelo de Soja      | 570,4339     | 570,4036     | 570,3733     | 570,3431     | 570,3128     | 570,2825     | 570,2523     |

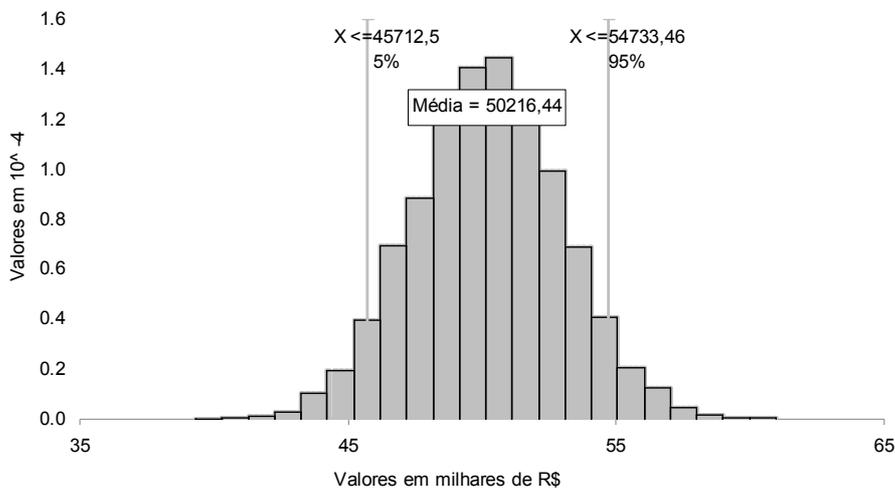
**FLUXOS DE CAIXA**

|                     |             |          |          |          |          |        |        |
|---------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|
| Biodiesel de soja   |             |          |          |          |          |        |        |
| FCL1                |             | 799,50   | 798,91   | 798,32   | 797,72   | 797,13 | 796,54 |
| VPL                 | 40.938,27   |          |          |          |          |        |        |
| Biodiesel de mamona |             |          |          |          |          |        |        |
| FCL2                |             | (528,32) | (528,66) | (528,99) | (529,33) | 529,66 | 530,00 |
| VPL                 | (28.122,24) |          |          |          |          |        |        |

**5.2 Análise dos Resultados**

O cálculo do valor das opções do projeto foi feito através de uma Simulação de Monte Carlo com num total de 10.000 iterações (Hull, 2003, pg 410-414). O valor esperado encontrado para o fluxo de caixa quando se avalia a produção de biodiesel utilizando duas possibilidades de grãos (soja ou mamona) e o MRM como modelador de preços foi de R\$ 50.216,44, o que nos leva a valorar a opção de conversão de insumo de produção de biodiesel relativamente a um produtor que só utilizava soja em R\$ 3.076,57 para cada 1000 litros de biodiesel produzido. A Figura 6 mostra a distribuição de probabilidades considerando-se o MRM como processo estocástico.

Figura 6: Distribuição de probabilidades dos fluxos de caixa gerados por simulação pelo MRM.



### 5.3 Comparação com o MGB

Para o projeto com opções, O MGB gerou VPL's maiores dos que os encontrados utilizando o MRM, embora isso não seja uma regra geral, já que esse resultado depende fundamentalmente dos parâmetros utilizados na modelagem. No caso de preços iniciais muito abaixo de seu valor de longo prazo, é possível que a velocidade de reversão à média atue mais fortemente do que a difusão browniana e, conseqüentemente cause maior impacto nos preços determinísticos. A **Tabela 5** mostra os VPL's dos fluxos de caixa simplificados utilizando o MRM e o MGB para os projetos básicos (um insumo somente) e para o projeto com opções (dois insumos). Independente da diferença de valores da opção encontrados pelo MGB e o MRM, observa-se que, em ambos os casos, a opção de poder utilizar soja ou mamona na produção do biodiesel tem valor.

Tabela 5: Comparativo do Valor do Projeto com e sem opções (R\$/1000 litros de biodiesel)

| Processo Estocástico: |        | MRM         |              | MGB         |              |
|-----------------------|--------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|                       | Insumo | VPL por FCD | VPL c/opções | VPL por FCD | VPL c/opções |
| <b>Projeto Básico</b> | Soja   | 47.139,87   | 50.216,44    | 40.938,27   | 87.744,82    |
|                       | Mamona | 19.185,46   |              | (28.122,24) |              |
| <b>Valor da opção</b> | Soja   |             | 3.076,57     |             | 46.806,55    |
|                       | Mamona |             | 31.031,04    |             | 115.867,06   |

## 6 Considerações Finais

Analizamos o valor da flexibilidade que uma usina hipotética de biodiesel possui de poder escolher, a cada mês, o insumo ótimo em seu processo produtivo de biodiesel, considerando-se custos de produção semelhantes para cada um dos possíveis insumos utilizados. Os resultados indicam que a existência desta flexibilidade gerencial aumenta o valor do projeto em todas as situações analisadas, mesmo no modelo de reversão à média, mais conservador. Concluímos que a flexibilidade existente na escolha entre o grão de soja e da mamona como matéria-prima para a produção do biodiesel possui valor significativo e que a análise por opções reais pode gerar cenários mais favoráveis para projetos de implementação de plantas produtoras de biodiesel, adicionando valor à análise pelo Fluxo de Caixa Descontado tradicional.

Dadas as diferenças significativas nos resultados encontrados, a seleção do processo estocástico e seus parâmetros é um fator importante na valoração desta classe de projetos. Aos níveis de preços atuais, a análise tradicional do FCD poderia rejeitar o uso de uma determinada oleaginosa como insumo de produção, mas devido às diferenças entre os processos estocásticos utilizados na modelagem de preços futuros, é possível encontrar resultados indicando conclusões em outro sentido. Cabe ressaltar que o estudo analisou apenas os ganhos advindos das flexibilidades inerentes ao processo produtivo do biodiesel, nada se podendo concluir a respeito da viabilidade da usina produtora.

A introdução do biodiesel na matriz energética brasileira não se traduz simplesmente na substituição do diesel convencional por uma fonte de energia renovável. Os impactos da implantação em larga escala destas unidades de produção no Brasil afetarão o campo, a indústria, o meio ambiente, a formação de renda e os preços internacionais destes produtos, mas exceto por uma improvável política de fortes subsídios governamentais para o setor, a viabilidade deste modelo depende fundamentalmente da viabilidade econômica de cada uma dessas unidades produtivas. Nesse sentido, a correta avaliação dos riscos e retornos deste tipo de projeto, incorporando-se as vantagens competitivas que a flexibilidade de escolha de insumos e produtos oferece a uma planta de biodiesel através da aplicação da metodologia das opções reais, pode atrair o capital privado necessário para o volume de investimento exigido.

Este estudo apresenta algumas limitações. Não foi considerado qualquer impacto tributário na cadeia produtiva do biodiesel gerado pelas oleaginosas estudadas, apesar dos muitos incentivos que têm sido criados pelo governo brasileiro para fomentar a produção do biodiesel. Trabalhos que tenham como objetivo a análise de viabilidade econômico-financeira de uma usina de biodiesel certamente deverão levar em conta tais incentivos fiscais, uma vez que podem impactar a decisão de utilização da soja ou da mamona como matéria-prima para a produção do biodiesel de forma distinta da vislumbrada no presente estudo. Como exemplo, citamos o Decreto-Lei nº 5.297 de 6 de dezembro de 2004 que concede redução de 100% na alíquota de PIS/PASEP e COFINS para a produção de biodiesel a partir da mamona cultivada nas regiões norte e nordeste, enquanto a redução para a soja é menor. Tampouco foram incluídos os custos de transporte no cálculo do valor da opção, que podem ser relevantes se os centros produtores de mamona e soja forem entre

si e da unidade industrial de biodiesel, nem os impactos causados pelo aumento da produção e demanda pelo biodiesel.

Trabalhos futuros, além de tratar de algumas das limitações citadas, poderiam incluir a modelagem estocástica de outras oleaginosas possíveis de serem utilizadas como insumos do biodiesel (como por exemplo, algodão, pinhão manso, milho, entre outras), e de seus respectivos subprodutos. Também poderiam ser incluídas outras flexibilidades envolvidas no processo produtivo do biodiesel, como a opção de venda dos óleos vegetais ao invés de utilizá-los como insumo do processo de transesterificação. É possível também estudar o uso do etanol como reagente em vez do metanol, tratando-se estocasticamente os preços dos mesmos.

## Referências

- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e biocombustíveis. *7º Leilão Público de compra de biodiesel realizado em 14/11/2007* – Resultado parcial antes da análise dos recursos. Disponível em: <[http://anp.gov.br/doc/biodiesel/Resultado\\_7parc\\_Leilão.pdf](http://anp.gov.br/doc/biodiesel/Resultado_7parc_Leilão.pdf)>; Acesso em 16 dez. 2007.
- BARROS, G.S.A.C. et al. Custos de Produção de biodiesel no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, v. XV, p. 36-50, 2006.
- BELTRÃO, N.E.M. et al. **Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o nordeste brasileiro**, 2004.
- BENDER, M. **Economic feasibility review for community-scale farmer cooperatives for biodiesel**. *biores. Technol.*, v. 70, p. 81-87, 1999.
- BIODIESELBR. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com>> Acesso em: 16 dez. 2007
- CHALKLEY, A.P. **Moteurs diesel : type fixe et type marine**. Paris : Dunod, 1919.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Quarto Levantamento de avaliação da Safra 2006/2007**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 16 dez. 2007.
- DIAS, M.A.G. **Investimento sob incerteza em Exploração e Produção de Petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção); PUC - Rio de Janeiro, RJ; 1996.
- DIAS, M.A.G. **Opções Reais Híbridas com Aplicações em Petróleo**; Tese de Doutorado; PUC - Rio de Janeiro, RJ; Janeiro 2005.
- DIAS, M.A.G. **Selection of Alternatives of Investment in Information for Oilfield Development Using Evolutionary Real Options Approach**. Los Angeles: Proceedings of the 5th Annual International Conference on Real Options, 2001.
- DIXIT, A.K., PINDICK, R.S. **Investment under Uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994.
- HULL, J., **Options, Futures and Other Derivatives**, 5<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2003.
- LEIRAS, A. A **cadeia produtiva do biodiesel: uma avaliação econômica para o caso da Bahia**. 156f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC - Rio de Janeiro. 2006.
- MB DO BRASIL CONSULTORIA EM BIOCMBUSTÍVEIS (2007). Disponível em: <<http://mbdobrasil.com.br/modules.php?name=News&File=article&sid=177>>; Acesso em: 16 dez. 2007.
- MENDES, R.A.. **Diagnóstico, Análise de Governança e Proposição de Gestão para a Cadeia Produtiva do biodiesel da Mamona (CP/BDM): o Caso do Ceará**. Fortaleza, 2005. XIX, 159 fl., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

- OLEOLINE – **The oleochemical e-business site**. Disponível em <<http://www.oleoline.com>>; Acesso em: 16 dez. 2007.
- RODRIGUES, R. A. et al. **Estudo tecnológico da produção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais**. Projeto de final de Curso - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2003.
- SCARTEZINI, A.V. **Opções Reais em Decisões de Investimento em Exploração e Produção**. Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial); Fundação Getúlio Vargas - RJ, 2006.
- SCHROEDER, E. M.; CASTRO, J.C. **Transporte Rodoviário de Carga: Situação Atual e Perspectivas**. 1996.
- SEAGRI - Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia, Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br>>; Acesso em: 16 dez. 2007.
- SHIMKO, D.C. **Finance in Continuous Time. A Primer**. 1st ed. Local Kolb Publishing Company, 1992, 110 p.
- TERRA VIVA. **Mini-fábrica de ração e adubo e óleo comestível ou combustível**. Instituto de promoção agrícola e desenvolvimento Rural, Programa Terra Viva, Mariana, MG.1999.