

GILBERTO MIOTTI UBRIG

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE  
BIODIESEL A PARTIR DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do Diploma de  
Engenheiro de Produção

São Paulo  
2006

GILBERTO MIOTTI UBRIG

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE  
BIODIESEL A PARTIR DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do Diploma de  
Engenheiro de Produção

Orientador:  
Prof. Dr. Antonio Cantizani Filho

São Paulo  
2006

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antonio Cantizani Filho, pelos inúmeros conselhos e sugestões dados ao longo do trabalho.

Aos meus colegas de faculdade, pela companhia e apoio e aos professores do Departamento de Engenharia de Produção, por todos os ensinamentos transmitidos.

À minha família, à minha namorada e aos meus amigos por todo o amor, carinho e diversão proporcionados ao longo de minha formação, além da paciência exigida para me aguentar na reta final.

## RESUMO

Este trabalho realiza uma análise de viabilidade econômica de uma usina produtora de biodiesel a partir do óleo extraído das sementes de pinhão manso. Apesar deste biocombustível ser atraente sob o ponto de vista ambiental e estar ganhando popularidade no Brasil também por sua possibilidade de contribuir para a inclusão social, há incertezas quanto a rentabilidade econômica de sua produção.

Para realizar o estudo de viabilidade econômica, primeiro comparou-se o pinhão manso, planta com alta resistência à seca e baixos custos de cultivo, com outras populares oleaginosas atualmente utilizadas na produção de biodiesel. Em seguida, utilizou-se o método de valor presente líquido e o da taxa interna de retorno, tomando como base diversas hipóteses para montar o fluxo de caixa do investimento em três cenários distintos. Os resultados indicam que a produção de biodiesel a partir de pinhão manso parece ser bastante atraente sob o ponto de vista econômico. Porém, um cenário com hipóteses mais pessimistas indica riscos de inviabilidade econômica que não podem ser desprezados.

Palavras-chave: Engenharia. Engenharia de Produção. Biodiesel. Análise de viabilidade econômica.

## ABSTRACT

This work performs an economical feasibility analysis of biodiesel produced from the oil extracted off Jatropha curcus seeds. Although this biofuel is attractive in an environmental point of view and is gaining popularity in Brazil also due to its possibility of aiding in social inclusion, there are uncertainties regarding the economical viability of its production.

In order to accomplish the economical feasibility analysis, first a comparison of Jatropha, a plant with high resistance to droughts and low cultivation costs, to other popular oilseeds currently utilized in the production of biodiesel was made. The methods of net present value and internal rate of return were then used, with several hypotheses being created as ground to calculate the production's cash flow generated in three different scenarios. The results indicate that biodiesel produced from Jatropha seem to be quite attractive from an economic point of view. However, a scenario with more pessimistic hypotheses indicates that risks leading to economical unfeasibility do exist and cannot be disregarded.

**Keywords:** Engineering. Industrial Engineering. Biodiesel. Economical feasibility analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composição do consumo de diesel no Brasil.....	15
Figura 2 – Produção, consumo e déficit comercial de óleo diesel no Brasil.....	15
Figura 3 – Estimativa do consumo de biodiesel no Brasil .....	16
Figura 4 – Evolução da produção mundial de biodiesel.....	18
Figura 5 – Fruto e cacho do dendê .....	22
Figura 6 – Ciclo de produção do dendê.....	22
Figura 7 – Mamona .....	26
Figura 8 – Ciclo de vida da mamona.....	27
Figura 9 – Evolução do valor médio da tonelada de baga de mamona .....	29
Figura 10 – Evolução do rendimento médio de baga de mamona.....	31
Figura 11 – Plantação de soja .....	32
Figura 12 – Ciclo de vida da soja .....	33
Figura 13 – Evolução do preço médio da soja .....	35
Figura 14 – Plantação de pinhão manso .....	37
Figura 15 – Fluxograma da produção de biodiesel.....	43
Figura 16 – reação de transesterificação de biodiesel .....	45
Figura 17 – Investimento necessário versus capacidade da planta.....	52
Figura 18 – Balanço de massa da produção de biodiesel .....	53
Figura 19 – Evolução do preço histórico de etanol .....	54
Figura 20 – Evolução dos cenários para o preço futuro de etanol.....	55
Figura 21 – Evolução do preço do petróleo em Reais e do preço de diesel .....	64
Figura 22 – Evolução da matriz energética brasileira .....	65
Figura 23 – Evolução do preço histórico do petróleo em US\$.....	66
Figura 24 – Evolução do preço histórica da taxa de câmbio .....	68
Figura 25 – Evolução dos cenários para o preço do diesel.....	70
Figura 26 – Evolução dos cenários para o fluxo de caixa .....	80
Figura 27 – Análise de sensibilidade do óleo de pinhão manso sobre o VPL.....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produtores de biodiesel autorizados pela ANP.....	17
Tabela 2 – Produção de Biodiesel por País, 2005 .....	18
Tabela 3 – Espécies indicadas pela EMBRAPA para produção de biodiesel .....	20
Tabela 4 – Espécies alternativas sendo consideradas para produção de biodiesel.....	21
Tabela 5 – Produção de dendê no Brasil, 2004 .....	23
Tabela 6 – Principais regiões e Estados produtores de mamona, 2004.....	28
Tabela 7 – Principais regiões e Estados produtores de soja, 2005 .....	33
Tabela 8 – Produtividade de pinhão manso na Índia em diferentes cenários.....	38
Tabela 9 – Quadro resumo das matérias-primas avaliadas.....	41
Tabela 10 – Investimento detalhado de uma usina de biodiesel.....	52
Tabela 11 – Custo de produção de óleo de pinhão manso.....	56
Tabela 12 – Cenários para o preço futuro de óleo de pinhão manso.....	57
Tabela 13 – Quadro resumo para custo atual com matéria-prima.....	58
Tabela 14 – Evolução dos cenários para o custo com matéria-prima (R\$/ton de biodiesel).....	58
Tabela 15 – Necessidades de outros insumos para produzir biodiesel e reciclar o álcool .....	59
Tabela 16 – Custos atuais de outros insumos .....	59
Tabela 17 – Evolução dos cenários para a inflação projetada.....	60
Tabela 18 – Custos atuais de outras despesas .....	61
Tabela 19 – Quadro resumo de custos.....	61
Tabela 20 – Evolução dos cenários para os custos totais (R\$/ton de biodiesel) .....	62
Tabela 21 – Evolução dos cenários par a os preços futuros de petróleo (US\$/barril).....	67
Tabela 22 – Evolução dos cenários par a a taxa de câmbio (R\$/US\$).....	69
Tabela 23 – Evolução dos cenários para o preço da glicerina (R\$/ton) .....	72
Tabela 24 – Receita total de uma usina produtora de biodiesel .....	72
Tabela 25 – Incidência de impostos federais no biodiesel .....	74
Tabela 26 – Receita líquida de uma usina produtora de biodiesel .....	75
Tabela 27 – Evolução da Taxa de Juros de Longo Prazo em 2006.....	78
Tabela 28 – Resultado do valor presente líquido para os diferentes cenários.....	81
Tabela 29 – Resultado da taxa interna de retorno para os diferentes cenários .....	81
Tabela 30 – Preço máximo do óleo de pinhão manso para garantir viabilidade econômica do projeto.....	83
Tabela 31 – Quadro resumo dos resultados obtidos para os diferentes cenários .....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo
B100	Biodiesel puro
B2	Mistura de 2% biodiesel e 98% óleo diesel
B5	Mistura de 5% biodiesel e 95% óleo diesel
BCB	Banco Central do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CMPC	Custo Médio Ponderado de Capital
CONAB	Companhia Brasileira de Abastecimento
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
FC	Fluxo de Caixa
FCE	Fluxo de Caixa Esperado
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IR	Imposto de Renda
JBIC	Banco de Cooperação Internacional do Japão
LAIR	Lucro antes de Imposto de Renda
LAJIDA	Lucro antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização
LAJIR	Lucro antes de Juros e Imposto de Renda
LL	Lucro Líquido
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDA	Ministério de Desenvolvimento Agrário
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MME	Ministério de Minas e Energia
OPEC	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
TIR	Taxa Interna de Retorno
TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
USDA	United States Department of Agriculture
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivo e escopo do trabalho .....	12
1.2 O que é biodiesel.....	12
1.3 Panorama geral sobre o biodiesel no Brasil .....	13
1.4 Panorama geral sobre o biodiesel no mundo.....	17
<b>2 ESPÉCIES OLEAGINOSAS A SEREM EMPREGADAS NO BRASIL</b>	
<b>PARA PRODUÇÃO DO BIODIESEL .....</b>	<b>20</b>
2.1 Dendê.....	21
2.1.1 Características Gerais.....	21
2.1.2 Vantagens .....	24
2.1.3 Pontos Críticos.....	24
2.2 Mamona .....	25
2.2.1 Características Gerais.....	25
2.2.2 Vantagens .....	29
2.2.3 Pontos Críticos.....	31
2.3 Soja .....	32
2.3.1 Características Gerais.....	32
2.3.2 Vantagens .....	34
2.3.3 Pontos Críticos.....	35
2.4 Pinhão Manso .....	36
2.4.1 Características Gerais.....	36
2.4.2 Vantagens .....	39
2.4.3 Pontos Críticos.....	40
2.5 Comparação entre as quatro espécies oleaginosas .....	40
<b>3 – ASPECTOS DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL .....</b>	<b>43</b>
3.1 Etapas do processo de produção .....	43
3.1.1 Preparo da matéria-prima .....	44

3.1.2 Transesterificação.....	44
3.1.3 Separação de fases .....	46
3.1.4 Recuperação do álcool da glicerina .....	46
3.1.5 Recuperação do álcool dos ésteres .....	46
3.1.6 Desidratação do álcool.....	47
3.1.7 Purificação dos ésteres.....	47
3.1.8 Destilação da glicerina .....	47
3.2 Sub-produto gerado.....	47
<b>4 ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE PINHÃO MANSO .....</b>	<b>48</b>
4.1 Referencial teórico.....	48
4.1.1 <i>Valor Presente Líquido</i> .....	48
4.1.1.1 Fluxo de caixa esperado .....	49
4.1.1.2 Taxa de desconto.....	50
4.1.2 <i>Taxa interna de retorno</i> .....	51
4.2 Custos de produção de biodiesel a partir do pinhão manso.....	51
4.2.1 <i>Custos de implantação de usina de biodiesel</i> .....	51
4.2.2 <i>Custos de matéria-prima</i> .....	53
4.2.3 <i>Custos de outros insumos</i> .....	58
4.2.4 <i>Outras despesas</i> .....	60
4.2.5 <i>Quadro resumo de custos</i> .....	61
4.3 Análise da receita de venda de biodiesel.....	62
4.3.1 <i>Preço do diesel</i> .....	62
4.3.2 <i>Preço da glicerina</i> .....	70
4.3.3 <i>Estimativa da receita</i> .....	72
4.4 Tributação .....	75
4.4.1 <i>Imposto de renda</i> .....	75
4.4.2 <i>Contribuição Social sobre o Lucro Líquido</i> .....	76
<b>5 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS PARA CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONÔMICA .....</b>	<b>77</b>

5.1 Taxa de desconto .....	77
5.1.1 <i>Custo da dívida</i> .....	77
5.1.2 <i>Custo de capital próprio</i> .....	78
5.1.3 <i>Custo médio ponderado de capital</i> .....	79
5.2 Fluxo de caixa .....	79
5.3 VPL .....	80
5.4 TIR .....	81
5.5 Análise de sensibilidade .....	82
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>85</b>
6.1 Resultados Obtidos .....	85
6.2 Conclusão Final.....	86
6.3 Sugestões para Futuros Trabalhos.....	86
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A – Resultados do cenário base até Ano 5 .....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE B – Resultados do cenário base até Ano 10 .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE C – Resultados do cenário pessimista até Ano 5 .....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE D – Resultados do cenário pessimista até Ano 10 .....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE E – Resultados do cenário otimista até Ano 5 .....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICE F – Resultados do cenário otimista até Ano 10 .....</b>	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Objetivo e escopo do trabalho

Como combustível derivado de fontes renováveis e mais amigável ao ambiente, o biodiesel tem ganhado um interesse bastante acentuado ao redor do mundo. No Brasil, já se discute com veemência as várias alternativas disponíveis para produzir biodiesel, tentando analisar qual trará o maior número de benefícios ao país.

O objetivo deste trabalho é o de analisar a viabilidade econômica de se produzir biodiesel a partir de uma das alternativas existentes mas ainda pouco pesquisada no Brasil: sementes de pinhão manso. No começo deste estudo, serão comparadas primeiramente as três mais populares alternativas oleaginosas na produção deste biocombustível, o dendê, a mamona e a soja, com o pinhão manso, justificando assim a escolha desta planta como aquela a ser analisada mais profundamente. Em seguida, o processo de produção do biodiesel é explicado para que se consiga analisar todos os custos envolvidos na produção. Com uma estimativa de receita gerada, utiliza-se o método do valor presente líquido e da taxa interna de retorno para concluir a análise da viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir de pinhão manso,

### 1.2 O que é biodiesel

O biodiesel é um combustível biodegradável produzido a partir de fontes totalmente renováveis, tal como um óleo qualquer de origem vegetal (mamona, soja, pinhão manso, etc) ou animal (como sebo). Este biocombustível pode ser produzido através de diferentes processos, tais como o craqueamento, a esterificação e a transesterificação, sendo este último o processo mais utilizado atualmente e usado como base neste trabalho, gerando o subproduto glicerina.

Segundo a Lei nº 11.097, biodiesel é um “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2005, p. 2).

A Agência Nacional do Petróleo (ANP) estabeleceu uma outra definição do biodiesel através do artigo 2º da Resolução ANP Nº 42 de 24.11.2004, a seguir:

I – biodiesel – B100 – combustível composto de alquilésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais conforme a especificação contida no Regulamento Técnico nº 4/2004, parte integrante desta Resolução;

II – mistura óleo diesel/biodiesel – B2 – combustível comercial composto de 98% em volume de óleo diesel, conforme especificação da ANP, e 2% em volume de biodiesel, que deverá atender à especificação prevista pela Portaria ANP nº 310 de 27 de dezembro de 2001 e suas alterações. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2004, p. 1)

A introdução do biodiesel no óleo diesel baseado no petróleo pode, além de diminuir marginalmente a dependência ao petróleo, contribuir para a redução da poluição atmosférica, já que o biocombustível contém menor teor de enxofre e de outros poluentes. Além disto, o Governo Federal tem bastante interesse no biodiesel, pois ele pode gerar alternativas de empregos em áreas geográficas menos propícias para outras atividades econômicas, promovendo assim uma maior inclusão e igualdade social.

### 1.3 Panorama geral sobre o biodiesel no Brasil

Em 2003, foi criado no Brasil o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). Este programa visa a implementação de forma sustentável, tanto técnica como economicamente, da produção e do uso do biodiesel no país. Como o

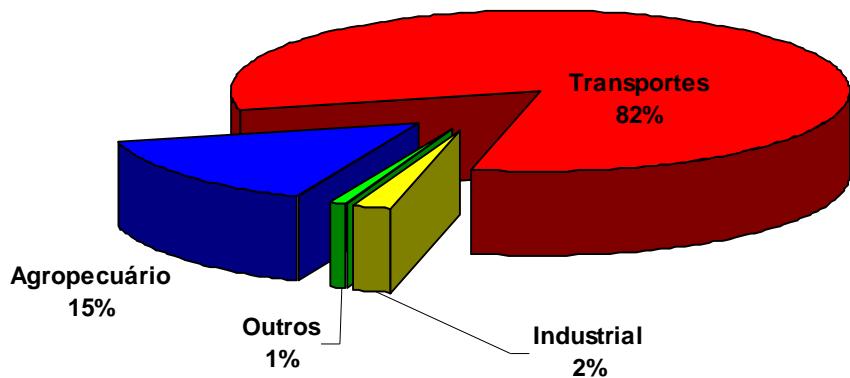
programa é do Governo Federal, o enfoque maior está na inclusão social e no desenvolvimento regional por geração de emprego e renda.

De acordo com o próprio Portal do Biodiesel (2006a) feito pelo Governo, as principais diretrizes do PNPB são:

- Implantar um programa sustentável, promovendo inclusão social;
- Garantir preços competitivos, qualidade e suprimento;
- Produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e em regiões diversas

Com base nessas diretrizes, foi publicada em 13 de janeiro de 2005 a Lei nº 11.097. Esta lei objetiva introduzir obrigatoriamente o biodiesel na matriz energética brasileira, estipulando a adição de 2% deste biocombustível no óleo diesel em 2008 e de 5% a partir de 2013.

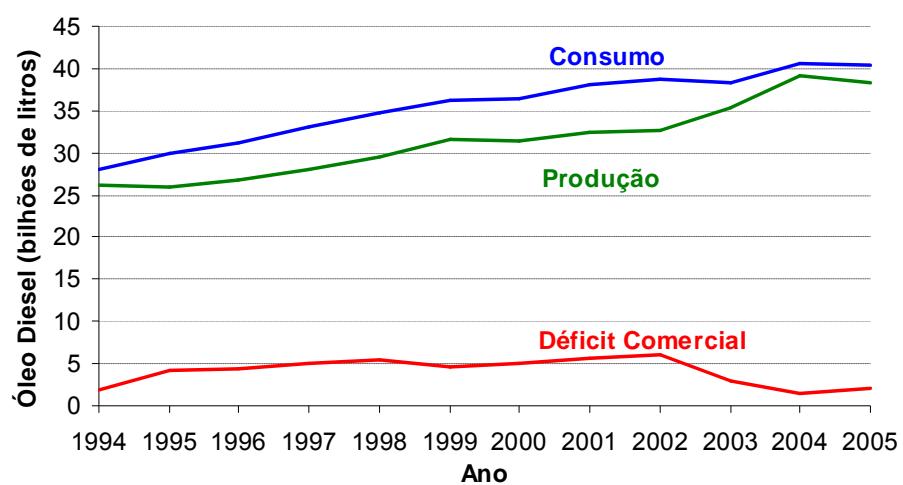
Em 2005, o óleo diesel representou 16,5% da matriz energética brasileira (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2006). Esta significativa demanda de diesel no Brasil pode ser explicada principalmente devido à importância do modal rodoviário no transporte de cargas, sendo este responsável pelo transporte de aproximadamente 60% de todas as cargas no país (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2001). Assim, 82% do diesel consumido em 2005 no Brasil foi usado para transportes. O restante deste óleo combustível é consumido pela agropecuária (15% do total), na área industrial (2%) e para outros fins (1%), como demonstrado no gráfico abaixo (MME, 2006).



**Figura 1 – Composição do consumo de diesel no Brasil**

Fonte: MME (2006)

Aproximadamente 40,4 bilhões de litros de óleo diesel foram consumidos no Brasil em 2005. No gráfico abaixo, pode-se perceber que a produção nacional deste derivado de petróleo está aquém do consumido, sendo necessário um déficit comercial (importar mais que exportar) para suprir toda a demanda. Acredita-se que a introdução do biodiesel possibilitará a diminuição progressiva da dependência externa do diesel, que em 2005 foi de 5% da demanda (DORNELLES, 2006).



**Figura 2 – Produção, consumo e déficit comercial de óleo diesel no Brasil**

Fonte: MME, 2006

A demanda por diesel cresceu 10,9% de 2000 a 2005. Caso o crescimento continue neste mesmo ritmo, em 2013 a demanda estará em quase 47 bilhões de litros anuais. Com base nesta estimativa, o consumo de biodiesel passará de no mínimo 860 milhões de litros em 2008, ano em que o B2 será obrigatório, para cerca de 1 bilhão de litros em 2012. Nota-se que durante este período o B5 será facultativo, portanto o consumo real de biodiesel pode ser maior que o esperado. Em 2013, ano em que o B5 será obrigatório, estima-se uma demanda de 1,3 bilhão de litros pelo mesmo modo. O MME projetou o mercado de biodiesel para os próximos anos, conforme a seguir.



**Figura 3 – Estimativa do consumo de biodiesel no Brasil**

Fonte: Dornelles (2006)

Na tabela abaixo está a capacidade autorizada pela ANP de plantas de produção de biodiesel. Percebe-se que a capacidade de produção anual estimada pela ANP está bem abaixo da demanda prevista para os próximos anos.

**Tabela 1 – Produtores de biodiesel autorizados pela ANP**

<b>Empresa</b>	<b>Local</b>	<b>Capacidade Autorizada (10<sup>3</sup> l/dia)</b>	<b>Capacidade Anual Estimada*</b> (10 <sup>6</sup> l/ano)
Soyminas	Cássia/MG	40	12
Agropalma	Bélem/PA	80	24
Brasil Biodiesel	Teresina/PI	2	0,6
Biolix	Rolândia/PR	30	9
Brasil Biodiesel	Floriano/PI	135	40,5
NUTEC	Fortaleza/CE	2,4	0,72
Fertibom	Catanduva/SP	40	12
Renobras	DomAquino/MT	20	6
Granol	Campinas/SP	133	39,9
Granol	Anápolis/GO	200	60
Biocapital	Charqueada/SP	186	55,8
IBR	Simões Filho/BA	65	19,5
<b>TOTAL</b>		<b>933,4</b>	<b>280,02</b>
<b>*300 dias de operação</b>			

Fonte: ANP (2006a)

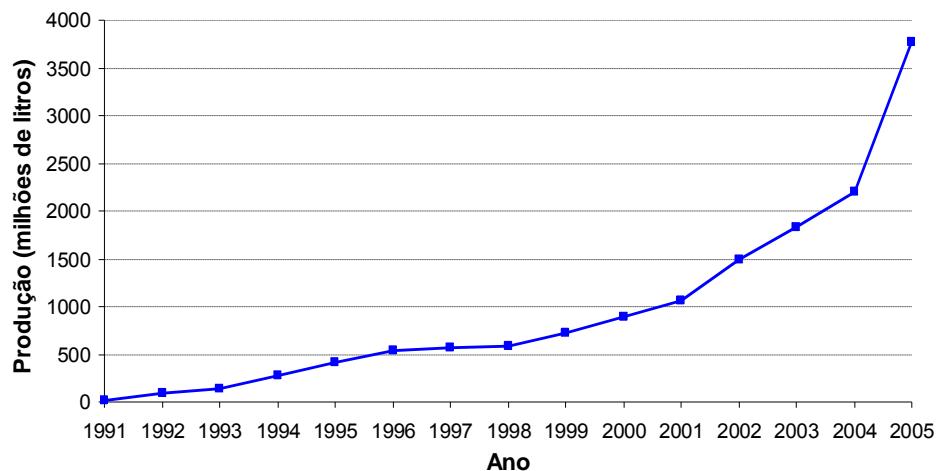
Deve-se levar em conta, no entanto, que há outras usinas de biodiesel sendo construídas, mas que não há atualmente registro destas na ANP. Mesmo que estes novos investimentos sejam suficientes para suprir a demanda interna, haverá ainda espaço para produção de biodiesel com finalidade de exportar para outros mercados consumidores, já que o interesse mundial neste biocombustível é crescente.

#### 1.4 Panorama geral sobre o biodiesel no mundo

O biodiesel é um combustível que interessa boa parte do mundo por duas principais características: seu grande apelo ambiental, especialmente por diminuir as emissões de gases como Co<sub>2</sub> e So<sub>x</sub> durante a combustão quando comparado aos combustíveis fósseis (ABREU, 2004), e sua capacidade de diminuir a dependência ao petróleo, produzido em oligopólios e cujo preço tem crescido a patamares cada vez mais preocupantes.

Com isto em mente, segundo a F.O. Licht (2006), a produção mundial de biodiesel em 2005 chegou a 3,8 bilhões de litros, sendo os mais importante

contribuidores os países europeus. Estes países utilizam como principal matéria-prima o óleo de canola.



**Figura 4 – Evolução da produção mundial de biodiesel**

Fonte: F.O. Licht (2006)

A Alemanha, maior produtora mundial de biodiesel, correspondeu a 51% da produção de biodiesel em 2005. Os Estados Unidos estão crescendo no ramo e no ano passado ocuparam o posto de terceiro maior produtor, produzindo o combustível principalmente a partir de óleo de soja.

**Tabela 2 – Produção de Biodiesel por País, 2005**

País	Produção (milhões de litros)	Participação
Alemanha	1.921	51,1%
França	557	14,8%
Estados Unidos	284	7,5%
Itália	227	6,0%
República Tcheca	136	3,6%
Áustria	85	2,3%
Espanha	84	2,2%
Dinamarca	80	2,1%
Polônia	80	2,1%
Reino Unido	74	2,0%
Brasil	70	1,9%
Austrália	57	1,5%
Suécia	7	0,2%
Outros Países	102	2,7%
<b>Mundo</b>	<b>3.762</b>	<b>100%</b>

Fonte: F.O. Licht (2006)

Um fator que tem impulsionado a difusão do biodiesel em países do hemisfério norte são os subsídios concedidos para o plantio de oleaginosas que são para uso não comestível, além da isenção de impostos sobre estes produtos. Isso explica em parte o porquê dos 10 principais países produtores serem da Europa e da América do Norte, enquanto o Brasil ocupa atualmente apenas a 11º colocação.

## 2 ESPÉCIES OLEAGINOSAS A SEREM EMPREGADAS NO BRASIL PARA PRODUÇÃO DO BIODIESEL

No Brasil há cerca de 90 espécies de oleaginosas que poderiam servir como matéria-prima para o biodiesel. Porém, para a maioria destas plantas é desconhecido o volume de óleo que se poderia extrair, assim como qual seria seu ambiente ecológico.

A Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA, 2005), em conjunto com o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) selecionou cinco espécies como insumos elegíveis para a produção de biodiesel:

**Tabela 3 – Espécies indicadas pela EMBRAPA para produção de biodiesel**

Nome	Nome Científico
Colza	<i>Brassica napus</i>
Dendê	<i>Elaeis guineensis</i>
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>
Mamona	<i>Ricinus communis</i>
Soja	<i>Glycine max</i>

Fonte: EMBRAPA (2005)

Estas plantas foram escolhidas de acordo com os seguintes parâmetros de seleção:

- Alto teor de óleo
- Produtos que já tenham sido cultivados
- Produto representativo de região
- Métodos de cultivo conhecidos

Destas cinco, merecem destaque principalmente: o dendê, por sua maior produtividade de óleo por hectare por ano; a mamona, por seu alto teor de óleo por grão e por chamar atenção do ponto de vista da inclusão e integração social; e a soja, por representar cerca de 90% da produção nacional de oleaginosas.

Além destes cinco produtos, há também outras duas plantas que estão sendo consideradas pela EMBRAPA como matéria-prima para o biodiesel, mas que não têm sido estudadas a fundo por ainda não serem domesticadas ou cultivadas:

**Tabela 4 – Espécies alternativas sendo consideradas para produção de biodiesel**

Nome	Nome Científico
Pinhão Manso	<i>Jatropha curcas</i>
Nabo Forrageiro	<i>Raphanus sativus</i>

Fonte: EMBRAPA (2005)

O pinhão manso se destaca aqui por ser uma planta que pode ser cultivada com facilidade em regiões com baixo índice pluviométrico e por ter alto teor de óleo por grão. Este vegetal tem ganhado bastante popularidade nos últimos tempos. Acredita-se que esta seja uma oleaginosa com alta capacidade de inclusão social, já que cresce em locais áridos e pobres, e com baixo custo de produção, ideal para a produção de biodiesel.

Este trabalho abordará em maior profundidade as três espécies oleaginosas já difundidas destacadas acima, dendê, mamona e soja, comparando-as com a espécie potencial ainda pouco estudada, o pinhão manso.

## 2.1 Dendê

### 2.1.1 Características Gerais

O dendê é um cultivo tropical permanente. Segundo a EMBRAPA (2006a), ele deve ser cultivado em locais com temperatura média anual acima dos 24 graus, índice pluviométrico anual maior que 2.000m e insolação de mais de 1.500 horas ao ano, além de necessitar áreas de cultivo com boa drenagem, solo espesso e plano. Tendo em vista estas restrições, as potenciais áreas de cultivo estão na Região Amazônica e na costa do litoral baiano.



Fruto do Dendê

Cacho do Dendê

**Figura 5 – Fruto e cacho do dendê**

Fonte: Banco de Cooperação Internacional do Japão (JBIC, 2006)

O ciclo de dendê também merece atenção. As mudas de dendê requerem três anos para se desenvolverem, permitindo assim a primeira colheita apenas no quarto ano. A produção de frutos aumenta gradativamente durante os próximos quatro anos, atingindo uma produção máxima estabilizada no oitavo ano e continuando assim até o décimo sexto ano. A partir do décimo sétimo ano ocorre o declínio da produção e, ao completar 25 anos, já não é possível obter uma produção comercial. Temos abaixo o ciclo de produção do dendê:

**Figura 6 – Ciclo de produção do dendê**

Fonte: Adaptado de JBIC (2006)

O dendê pode ser colhido durante todo o ano. Por outro lado, a mecanização da colheita é bastante difícil, já que os cachos ficam em uma altura aproximada de 4 a 6 metros do solo, e deve-se tomar cuidado para removê-los sem machucar o tronco ou as folhas da planta.

O óleo de dendê é extraído de duas partes da planta, metacarpo e amêndoas, por processos separados. O azeite extraído do metacarpo, a parte laranja na figura do fruto do dendê, é chamado óleo de palma e o azeite extraído da amêndoas, a parte branca da

mesma figura, é o óleo de palmiste. A quantidade de óleo de palma que pode ser extraída é muito maior que a de óleo de palmiste. Estes dois tipos de óleo são chamados genericamente de óleo de dendê e podem ser usados conjuntamente para a produção de biodiesel.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), o dendê foi cultivado em 2004 somente nos Estados do Pará e da Bahia, ocupando uma área total de quase 88 mil hectares. Outro fato interessante é que a produtividade obtida no Pará foi quase quatro vezes maior que aquela da Bahia.

**Tabela 5 – Produção de dendê no Brasil, 2004**

<b>Dendê</b>				
Estado	Área plantada (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor (R\$ 1000)
<b>BRASIL</b>	<b>87 553</b>	<b>909 285</b>	<b>10 387</b>	<b>84 838</b>
Pará	45 969	738 241	16 062	56 489
Bahia	41 584	171 044	4 114	28 349

Fonte: IBGE (2006)

Podemos verificar na tabela acima que o valor médio por tonelada do dendê no Brasil em 2004 foi de aproximadamente R\$94,00. Segundo a EMBRAPA (2006a), o teor médio de óleo do dendê é 20%, ou seja, são necessários cinco toneladas de dendê para produzir uma tonelada de óleo deste fruto. Assim, é estimado que serão necessários cerca de R\$470 de dendê para conseguir-se uma tonelada de óleo de dendê.

Outro ponto de fundamental importância é a necessidade de extrair o óleo do dendê com certa urgência depois da colheita. O recomendável é fazer a extração dentro das 24h após a colheita, não podendo exceder 48h. Isso é devido a riscos acentuados de perda da qualidade do óleo, causado por processos enzimáticos de deterioração e aumento da acidez do óleo.

### *2.1.2 Vantagens*

Dentre as principais vantagens do dendê está sua altíssima produtividade na produção de óleo por hectare por ano. Tendo como exemplo o Estado do Pará, que produz cerca de 80% do dendê do Brasil, é possível obter uma produtividade média de óleo de 3,2 t/ha/ano. Estudos da EMBRAPA (2006a) indicam que ainda é possível aumentar essa produtividade para ficar entre 4 e 6 t/ha/ano. Esta alta produtividade é também acompanhada com um baixo custo, sendo necessário R\$470 de dendê para produzir uma tonelada de óleo.

Um outro aspecto relevante leva em conta possíveis ganhos ambientais. A planta do dendê permite exímia cobertura do solo, sendo uma ótima alternativa ao reflorestamento de áreas devastadas da Amazônia. Estima-se que havia entre 40 e 60 milhões de hectares de áreas desmatadas na Amazônia em 2002, e acredita-se que uma parcela razoável destas áreas está degradada e poderia ser reflorestada com o cultivo de dendê.

Socialmente, por ser uma cultura perene que utiliza mão de obra intensiva e por não ter entressafras, esta plantação permite “a interiorização e a fixação do homem no campo e viabiliza a sua integração a um sistema econômico de alta rentabilidade” (EMBRAPA, 2005).

### *2.1.3 Pontos Críticos*

Um dos primeiros problemas que surge para utilizar o dendê como matéria prima para o biodiesel é a questão da logística. A área apropriada ao cultivo do dendê se restringe àquelas com abundantes chuvas, que no Brasil encontram-se principalmente na Amazônia. Embora isto seja ótimo para suprir a demanda regional de biodiesel do norte do país, vale lembrar que este consumo é pequeno e os maiores pólos consumidores de diesel estão bastante distantes. Portanto, uma produção forte na região Amazônica brasileira só seria possível se os custos de transporte para outras

regiões ou até para exportação não forem significativos. Como exemplo, temos que o custo de transporte de óleo diesel para localidades remotas desta região é muito elevado, podendo chegar a até 3 vezes o valor original do combustível (Parente, 2003). É evidente que este valor seja bastante exagerado para o caso de transporte de óleo/biodiesel de dendê, já que os locais atuais de plantação e a grande maioria das áreas devastadas passíveis de produção se encontram na periferia da Amazônia (principalmente no Sudeste do Pará), com acesso a malha rodoviária e portuária bastante razoáveis.

Outro problema logístico diz respeito à necessidade de extrair o óleo de dendê em, no máximo, 48 horas após sua colheita. Isso requer que plantas processadoras estejam perto das áreas de cultivo, tornando-as limitadas. É necessário também uma integração entre o agricultor e as indústrias de extração para que esta restrição seja atendida sem desperdício.

Um outro ponto crítico é a dificuldade para começar a produzir o dendê. Do plantio até a primeira colheita são necessários três anos, o que significa que o produtor só começará a ter receita a partir do quarto ano. O custo do investimento inicial para o dendê é bastante elevado e só a partir do sétimo ano é que todo o capital investido é recuperado (JBIC, 2006). Isso dificulta a difusão do dendê através dos pequenos produtores, pois estes precisarão de apoio financeiro até que se possa começar a produção comercial do dendê.

## 2.2 Mamona

### 2.2.1 Características Gerais

No Brasil, país que é o terceiro maior produtor mundial desta oleaginosa, a mamona é cultivada principalmente no Nordeste. Há controvérsias se a mamona é uma lavoura temporária ou perene. Enquanto o IBGE (2006) a classifica como sendo

temporária, a EMBRAPA (2006b) diz que a mamona é naturalmente perene em algumas regiões, mas recomenda que para se tornar um cultivo mais rentável deve-se replantá-la anualmente ou, no máximo, a cada 2 anos.

A EMBRAPA (2006b) considera que a temperatura adequada para a plantação da mamona seja de 20 a 28 graus, que a planta seja resistente a secas e que pode ser cultivada em áreas com índice pluviométrico de 600 mm a 700 mm anuais, ou seja, a ricinocultura (mamona) se adapta bem às condições climáticas do semi-árido.



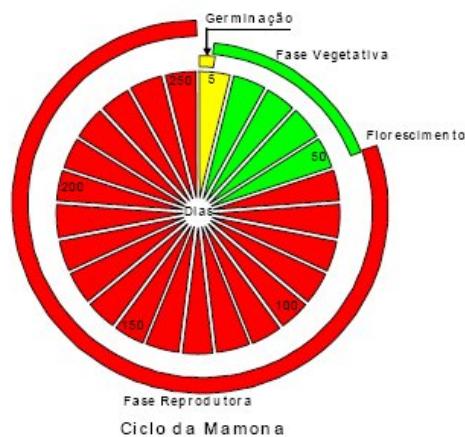
**Figura 7 – Mamona**

Fonte: JBIC (2006)

Seu cultivo é relativamente fácil e absorve grande quantidade de mão-de-obra no período da colheita. Desconsiderando-se o custo de mão-de-obra, o custo de produção da mamona não é elevado, o que leva agricultores nordestinos em situações de pobreza a tradicionalmente cultivarem este produto, usando a própria família como fornecedora de mão-de-obra. Assim, a mamona tem chamado atenção do ponto de vista da inclusão e integração social. (JBIC, 2006)

De acordo com a EMBRAPA (2006b), a mamona no Brasil é cultivada mais freqüentemente com ciclo de 240 a 250 dias. A germinação e o crescimento ocorre nos primeiros 50 a 55 dias. Em seguida tem-se o florescimento, sendo importante notar que os frutos não ficam maduros todos ao mesmo tempo, exigindo assim uma colheita em

diversas etapas. Este fato impossibilita a mecanização da colheita, fazendo com que esta fase do ciclo da mamona necessite de um trabalho manual significativo. Em estudo realizado no município de Irecê na Bahia, a Companhia Brasileira de Abastecimento (CONAB) calculou que a mão-de-obra representa cerca de 50% do custo total de produção de mamona (JBIC, 2006).



**Figura 8 – Ciclo de vida da mamona**

Fonte: JBIC (2006)

Segundo o IBGE, em 2004 foram produzidos quase 140 mil toneladas de baga de mamona em 176 mil hectares de território brasileiro, rendendo uma produtividade média de 803 kg/ha. É importante perceber também que mais que 90% da mamona produzida no Brasil é produzida no Nordeste. A Bahia é de longe o maior Estado produtor, sendo responsável por um total de 82,3% da produção nacional, conforme pode-se ver abaixo:

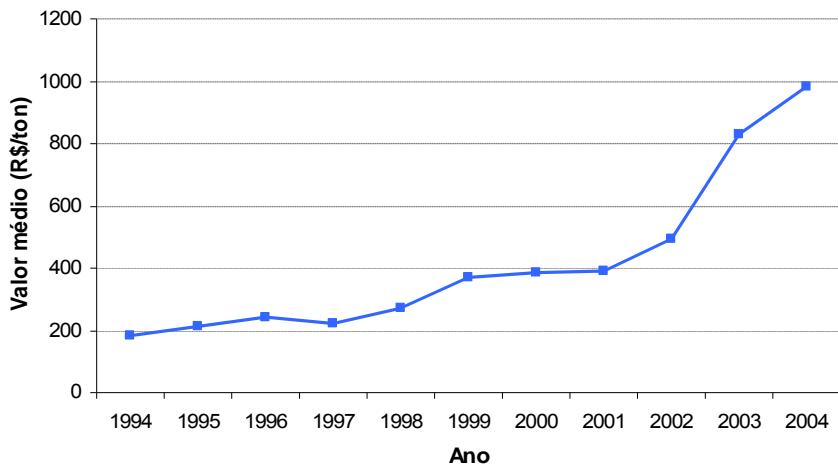
**Tabela 6 – Principais regiões e Estados produtores de mamona, 2004**

<b>Mamona</b>					
Região/Estado	Área plantada (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor (R\$ 1000)	Participação
<b>BRASIL</b>	<b>176 090</b>	<b>138 745</b>	<b>803</b>	<b>136 322</b>	<b>100%</b>
<b>Nordeste</b>	<b>167 282</b>	<b>126 662</b>	<b>772</b>	<b>128 665</b>	<b>91,3%</b>
Bahia	149 623	114 125	772	119 814	82,3%
Ceará	9 172	7 358	802	4 726	5,3%
Piauí	3 767	2 060	658	1 436	1,5%
Pernambuco	2 546	1 733	771	1 462	1,2%
<b>Sudeste</b>	<b>2 300</b>	<b>2 530</b>	<b>1 148</b>	<b>2 053</b>	<b>1,8%</b>
Minas Gerais	1 770	1 670	998	1 345	1,2%
<b>Sul</b>	<b>569</b>	<b>1 049</b>	<b>1 843</b>	<b>658</b>	<b>0,8%</b>
<b>Centro-Oeste</b>	<b>5 939</b>	<b>8 504</b>	<b>1 431</b>	<b>4 946</b>	<b>6,1%</b>
Mato Grosso	5 185	7 858	1 515	4 521	5,7%

Fonte: IBGE (2006)

Embora o Nordeste seja o principal produtor de mamona, pode-se perceber que esta é a região com pior rendimento médio do Brasil: 772 kg/ha. Isto pode ser explicado, em parte, pelo clima seco desta região. De acordo com a EMBRAPA, a produção de mamona se torna mais produtiva em ambientes com chuvas mais frequentes, o que ocorre nas outras regiões listadas. Outro motivo que influencia este baixo rendimento médio é que no Nordeste, em geral, não se replanta a mamona todo ano, deixando-a ser uma cultura semi-perene com menor produtividade.

A EMBRAPA (2006b) declara que o teor de óleo de mamona varia entre 35% e 55%, e que o teor médio é de 48%. Isto leva a uma produtividade média de óleo por volta de 0,40 t/ha/ano. Pode-se verificar também na tabela acima que o valor médio por tonelada da semente de mamona no Brasil em 2004 foi de aproximadamente R\$980. Com base neste valor médio, serão necessários cerca de R\$2.045 de sementes de mamona para se produzir uma tonelada de óleo de mamona, um valor bastante alto. No gráfico abaixo, está apresentada a série histórica do valor médio da mamona.



**Figura 9 – Evolução do valor médio da tonelada de baga de mamona**

Fonte: IBGE (2006)

Podemos verificar que, de 2002 a 2004, o preço médio de baga de mamona quase dobrou. Devido a esse aumento repentino de preço, há uma possibilidade de que o valor de mamona calculado acima para se obter uma tonelada de óleo esteja sobrevalorizado. Para tentar amortizar este fenômeno, calculou-se a média do preço da baga de mamona nos últimos quatro anos: aproximadamente R\$670. Adotando-se este preço médio, chega-se a um valor de aproximadamente R\$1.400 de mamona por tonelada de óleo.

Vale destacar que um dos motivos para o alto preço da mamona está no fato de seu óleo ser usado para diversos fins: na agricultura, na produção de fibras sintéticas e na indústria farmacêutica.

### 2.2.2 Vantagens

A maior vantagem da mamona parece estar nos possíveis benefícios sociais que sua plantação pode trazer, por ser tão resistente às condições climáticas adversas encontradas principalmente no interior nordestino. Estima-se que o semi-árido brasileiro possui mais de 2 milhões de famílias cujos integrantes vivem com menos de US\$1 por dia (BIDOESELBR, 2006). A utilização de mamona como matéria-prima para o biodiesel aumentaria consideravelmente a demanda pela planta, permitindo a expansão

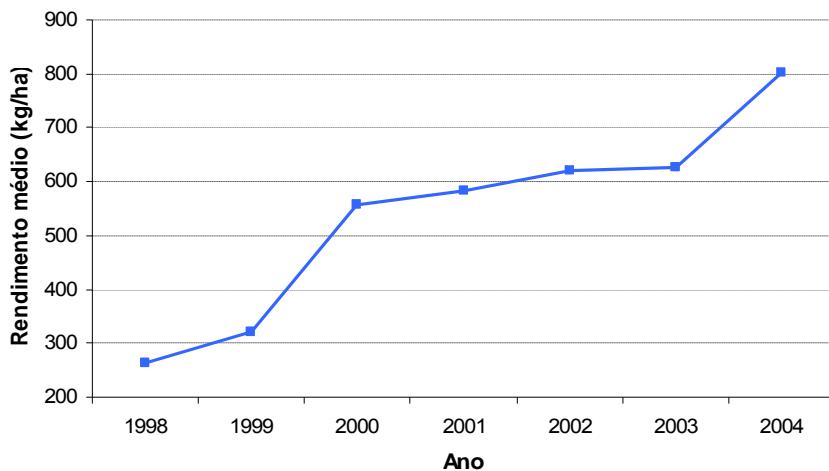
da ricinocultura e tornando-a cultivo familiar rentável em locais secos onde pouquíssimas lavouras sobreviveriam. A mamona seria então uma possibilidade de minorar ou até erradicar a miséria do campo semi-árido através de sua ocupação, com renda digna, em assentamentos familiares (SALLES, 2005).

Outra vantagem está no subproduto gerado na extração do óleo de mamona, que é a torta de mamona. Embora esta torta seja tóxica e não possa ser usada como alimento, ela se apresenta como um adubo de excelência. Na Índia, principal país produtor de mamona do mundo, cerca de 85% da torta de mamona é utilizada como fertilizante orgânico (BIODIESELBR, 2006). Assim, o fato de a semente de mamona conseguir ser quase que integralmente aproveitada de forma rentável pode gerar um incentivo adicional ao seu cultivo e extração de óleo, além de poder fazer com que o preço do óleo de mamona seja menor. Para a produção de uma tonelada de óleo, por exemplo, seriam necessário aproximadamente 2,1 toneladas de mamona. Após a extração do óleo, restaria ainda 1,1 tonelada de torta, e 85% desta torta poderia ser vendida para a indústria de fertilizantes a um preço de R\$ 0,30/kg (SOUZA, 2006). Hipoteticamente, poderia-se assim reduzir em quase R\$280 o preço da tonelada de óleo.

Finalmente, tem-se uma vantagem que poderá vir a surgir com o avanço de pesquisas sobre o cultivo da mamona. A EMBRAPA já obteve êxito em desenvolver uma variedade que chega à maturação em 140 dias (versus 250 dias das lavouras atuais) e com período de colheita simultâneo. Caso esta variedade tenha sucesso em difundir-se, a mecanização na colheita poderia ser implementada e os altos custos de mão-de-obra hoje necessários seriam drasticamente reduzidos, barateando assim o custo de produção da baga de mamona.

Pesquisas recentes também podem contribuir para o aumento do rendimento médio da plantação de mamona. Em 2004, a produtividade média nos Estados ficou entre 600 kg/ha e 1.900 kg/ha. Segundo a EMBRAPA (2006b), a introdução de novas técnicas de cultivo poderá elevar este rendimento para cerca de 2.000 kg/ha. Percebe-

se na figura abaixo que há, desde 1998, um aumento gradativo de rendimento nacional da ricinocultura.



**Figura 10 – Evolução do rendimento médio de baga de mamona**

Fonte: IBGE

Se este rendimento continuar aumentando com o avanço de pesquisas, o custo de produção poderá cair显著mente e a viabilidade econômica da mamona para a produção do biodiesel aumentará.

### 2.2.3 Pontos Críticos

O principal problema a ser abordado na mamona é o seu alto preço para a produção de biodiesel. Como foi mostrado acima, de 2001 a 2004 necessitou-se, em média, R\$1.400 de mamona como insumo para conseguir uma tonelada de óleo. Este alto preço pode ser explicados por alguns principais fatores:

- Alto custo de produção, explicado principalmente pelo baixo rendimento atual na produção de mamona e pela alta necessidade de mão-de-obra na colheita;
- Alta demanda devido às inúmeras aplicações do óleo de mamona: pode ser usado na fabricação de tintas e isolantes, serve como lubrificante na aeronáutica, como base na manufatura de cosméticos e de muitos tipos de drogas farmacêuticas, etc (ABOISSA, 2006).

Outra dificuldade que surge com a utilização do óleo de mamona deve-se à sua maior densidade relativa. O óleo de mamona, com densidade de cerca de 0,96 g/ml a 20°C, se separa dos outros óleos vegetais, que em geral têm densidade entre 0,90 a 0,92 g/ml na mesma temperatura, criando dificuldades em produzir biodiesel através da mistura do óleo em questão com os demais óleos. Por isso, o óleo de mamona é utilizado sozinho para a produção de biodiesel, ou no máximo, em uma margem de mistura de 10% (JBIC, 2006).

## 2.3 Soja

### 2.3.1 Características Gerais

Na safra 2004/2005, o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de soja, com produção de 50 milhões de toneladas ou 23% da safra mundial (216 milhões de toneladas). Há vários cultivares de soja, cada qual com características específicas e adaptadas a todas regiões produtoras brasileiras. Só a EMBRAPA, que responde por 46% do mercado brasileiro de sementes de soja, comercializa 25 cultivares diferentes de soja (EMBRAPA SOJA, 2006).

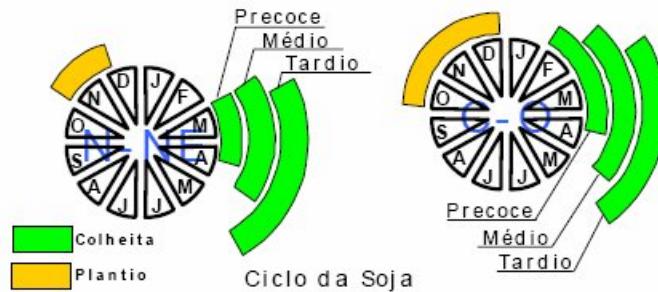


**Figura 11 – Plantação de soja**

Fonte: JBIC (2006)

Em linhas gerais, há duas variedades de soja no Brasil que recebe incentivos: uma apropriada para o Norte e Nordeste e a outra para o Centro-Oeste. Estas

variedades têm a colheita dividida em precoce, média e tardia. Na figura abaixo encontra-se o ciclo da soja, em que o período de plantio recomendado pela EMBRAPA vai de outubro a dezembro e o período de colheita, de fevereiro a maio.



**Figura 12 – Ciclo de vida da soja**

Fonte: JBIC (2006)

Segundo o IBGE (2006), a área de cultivo de soja em 2005 chegou a 23,4 milhões de hectares, enquanto o volume produzido foi de 51,2 milhões de toneladas. A principal região produtora de soja é o Centro-Oeste, responsável por pouco mais que a metade da produção nacional. O Estado de Mato Grosso é o maior produtor, com 34,7%, seguido por Paraná, com 20,6%.

**Tabela 7 – Principais regiões e Estados produtores de soja, 2005**

Região/Estado	Soja				
	Área plantada (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor (R\$ 1000)	Participação
<b>BRASIL</b>	<b>23 426 731</b>	<b>51 182 050</b>	<b>2 230</b>	<b>21 758 251</b>	<b>100%</b>
<b>Norte</b>	<b>514 271</b>	<b>1 384 537</b>	<b>2 692</b>	<b>611 885</b>	<b>2,7%</b>
<b>Nordeste</b>	<b>1 441 161</b>	<b>3 959 940</b>	<b>2 748</b>	<b>1 798 354</b>	<b>7,7%</b>
Bahia	870 000	2 401 872	2 761	1 058 296	4,7%
<b>Sudeste</b>	<b>1 900 077</b>	<b>4 640 903</b>	<b>2 442</b>	<b>2 150 126</b>	<b>9,1%</b>
Minas Gerais	1 118 867	2 937 243	2 625	1 351 830	5,7%
São Paulo	781 210	1 703 660	2 181	798 297	3,3%
<b>Sul</b>	<b>8 688 656</b>	<b>12 544 106</b>	<b>1 522</b>	<b>5 953 087</b>	<b>24,5%</b>
Paraná	4 154 667	9 492 153	2 285	4 488 285	18,6%
Rio Grande do Sul	4 179 272	2 444 540	655	1 161 908	4,8%
<b>Centro-Oeste</b>	<b>10 882 566</b>	<b>28 652 564</b>	<b>2 640</b>	<b>11 244 798</b>	<b>56,0%</b>
Mato Grosso	6 121 724	17 761 444	2 909	6 678 093	34,7%
Goiás	2 663 646	6 983 860	2 622	2 872 912	13,7%
Mato Grosso do Sul	2 038 176	3 718 514	1 836	1 615 557	7,3%

Fonte: IBGE (2006)

A cultura de soja requer máquinas agrícolas de grande porte, é altamente mecanizada e, portanto, absorve pouca mão-de-obra. Estudos da CONAB (2006) apontam que, de um custo médio de produção de soja de aproximadamente R\$ 1.347/ha, 66% se destinam a gastos com adubo, defensivos agrícolas e maquinarias e apenas 8% são custos gerados com a mão-de-obra. Assim, em âmbito social, a participação de pequenos produtores é bastante difícil nesta cultura altamente desenvolvida no Brasil.

Segundo a EMBRAPA (2006), o teor de óleo em um grão de soja situa-se entre 18-21%, sendo que o teor médio é de 20%. A produtividade média de óleo desta cultura, portanto, foi de 0,45 t/ha/ano em 2005. Já o valor médio da tonelada de soja no ano passado ficou em R\$425. Fazendo a mesma análise feita com as demais oleaginosas analisadas, uma tonelada de óleo necessitaria de R\$2.125 de soja. Porém, vale lembrar que o subproduto da extração do óleo, a torta e o farelo de soja, tem valor agregado considerável por ser comestível e servir como ração para animais. Assim, necessitar-se-ia ainda descontar o valor dos subprodutos para se chegar ao preço de óleo. Como o óleo de soja é um produto altamente comercializado, seu preço em São Paulo no mês de agosto de 2006 é sabido: R\$1.300/ton (MAPA, 2006).

### 2.3.2 Vantagens

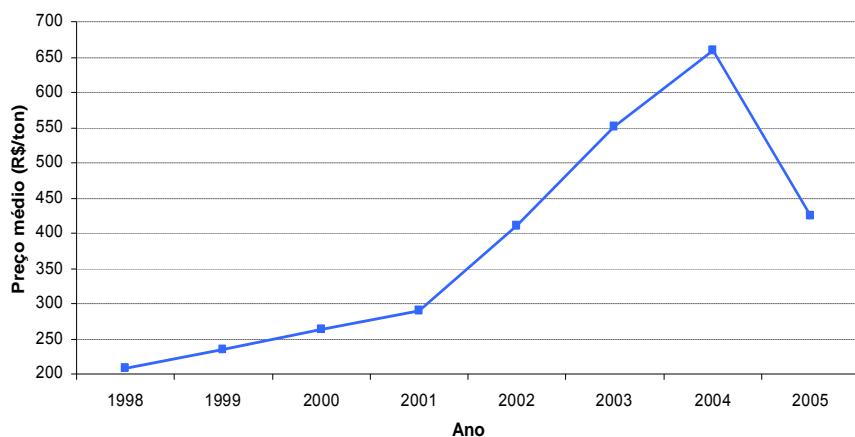
Por ser uma commodity com grande importância mundial, sendo inclusive negociada nas principais bolsas de mercadorias do mundo, a soja tem como maior vantagem já ter as técnicas de produção e de extração de óleo bastante desenvolvidas. Sua larga utilização tanto para consumo doméstico como para exportação faz com que a soja possivelmente tenha a logística de escoamento mais completa dentre as alternativas plausíveis de insumos para a produção de biodiesel, acarretando assim um custo de transporte bastante baixo. Para acrescentar, o óleo de soja é o óleo mais comercializado no mundo e ainda representa mais de 90% da produção de óleo no Brasil (SALLES, 2005).

Outra vantagem está na facilidade de mecanização total da cultura (Tecbio, 2006). A tecnologia de produção já está dominada e os produtores de soja estão bem estruturados, com máquinas e terras com manejo mecanizado. Estas condições permitem uma expansão da área cultivada com maior facilidade.

### 2.3.3 Pontos Críticos

A maior crítica de se usar óleo de soja para a produção de biodiesel é o fato de este óleo ser muito consumido como alimento. Enquanto milhões de pessoas no mundo passam fome, há muita objeção de se usar um óleo alimentício para a produção de biocombustível já que existem outras alternativas viáveis para serem utilizadas para tal. Além disto, o óleo de soja tem preços mais competitivos comparado a outros óleos vegetais comestíveis, portanto a sua demanda é mais elevada que os outros (JBIC, 2006).

Outro ponto crítico está no fato de a soja ser uma commodity, cujo preço varia consideravelmente inclusive por ser objeto de especulação. O preço da soja apresentou, depois de anos seguidos de forte alta, uma queda bastante acentuada no mercado no ano de 2005, como pode-se perceber na figura a seguir.



**Figura 13 – Evolução do preço médio da soja**

Fonte: IBGE

Embora o preço de 2005 do óleo de soja pareça estar atrativo para a produção de biodiesel, é possível que o aumento da demanda pelo uso alternativo do óleo no mercado energético pressione novamente o canal de oferta, estabilizando o preço da soja ou então fazendo com que o mesmo volte a subir.

Um problema diferente é que a utilização de óleo de soja para a produção de biodiesel tem pouco ou sequer nenhum efeito positivo na inclusão social. Para a produção de soja ser rentável, ela necessita de produção em grande escala. Isto exige investimento considerável em maquinário e adubos, o que não é plausível para os pequenos produtores.

Há também um problema relacionado a questões ambientais. A rápida expansão da área cultivada para a produção da soja no passado já se mostrou preocupante, com reflexos no tocante à ocupação do solo (JBIC, 2006). A soja foi um dos responsáveis por desmatamento da Amazônia, principalmente devido à velocidade de aumento da área cultivada no Centro-Oeste, que foi de 5.760 ha em 2000 para 10.602 ha em 2004.

## 2.4 Pinhão Manso

### 2.4.1 Características Gerais

Por ser uma espécie vegetal que existe de forma espontânea em áreas de solos pouco férteis e de clima seco, o pinhão manso pode ser uma promissora oleaginosa para o biodiesel. Além da resistência a solos e climas desfavoráveis à maioria das culturas tradicionais, a planta é também altamente resistente a doenças e os insetos não a atacam, pois látex cáustico escorre de suas folhas quando estas são arrancadas ou feridas (PINHÃO MANSO, 2006).



**Figura 14 – Plantação de pinhão manso**

Fonte: Pinhão Manso (2006)

Embora possa ser plantado também no Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, o pinhão está sendo considerado uma opção agrícola principalmente para a região semi-árido por ser uma espécie exigente em insolação e com forte resistência a seca. Atualmente, esta espécie não é explorada comercialmente no Brasil, o que faz com que haja poucas pesquisas sobre técnicas de cultivo e sua produtividade.

O pinhão manso é um arbusto grande, de crescimento rápido, cuja altura normal é de dois a três metros, podendo inclusive crescer até uma altura de cinco metros em condições especiais. Esta cultura inicia a produção já no primeiro ano de plantio, mas leva aproximadamente quatro anos para atingir sua produção máxima, que pode se estender por até 30 anos (CARNIELLI, 2003). Segundo Purcino e Drummond (1986), o pinhão manso é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em substituto do diesel. Além de perene e de fácil cultivo, apresenta boa conservação da semente colhida, podendo se tornar grande produtora de óleo. Esta cultura, assim como ocorre com a de mamona (principalmente na Bahia), pode se desenvolver nas pequenas propriedades com a mão-de-obra familiar. Isto é porque a colheita deve ser manual, pois os frutos não amadurecem todos ao mesmo tempo.

Ainda que no Brasil as pesquisas estão em fase inicial, a Índia, país que tem quantidade vasta de terras com condições bastante semelhantes aos do semi-árido

nordestino, está bem mais adiantada. Mesmo assim, de acordo com Jathropa Biodiesel (2006), é ainda bastante difícil estimar com precisão o rendimento por hectare desta planta que é capaz de crescer em diversas condições. O rendimento é uma função da água, dos nutrientes, do calor e da idade da planta, além de outros fatores. Muitos métodos diferentes de cultivo são possíveis, aumentando ainda mais a diferença nos resultados.

A produção de sementes de pinhão manso após este atingir a maturidade no quinto ano vai desde 1,1 ton/ha/ano até 12,5 ton/ha/ano, esta com auxílio de irrigação (JATROPHA WORLD, 2006). Abaixo tem-se rendimentos em situações com diferentes índices pluviométricos, e a diferença em rendimento em uma plantação com ou sem irrigação.

**Tabela 8 – Produtividade de pinhão manso na Índia em diferentes cenários**

Sem Irrigação (ton/ha/ano)			Com Irrigação (ton/ha/ano)			
	Índice Pluviométrico			Índice Pluviométrico		
	Baixo	Normal	Ano 1	Baixo	Normal	
Ano 1	0,1	0,25	0,4	Ano 1	0,75	1,25
Ano 2	0,5	1,0	1,5	Ano 2	1,0	1,5
Ano 3	0,75	1,25	1,75	Ano 3	4,25	5,0
Ano 4	0,9	1,75	2,25	Ano 4	5,25	6,25
Ano 5	1,1	<b>2,0</b>	2,75	Ano 5	5,25	8,0
					12,5	

Fonte: Jatropha World (2006)

O índice pluviométrico normal indicado acima é de uma média de 600 mm de chuva por ano, índice bastante factível para o semi-árido brasileiro. As outras faixas pluviométricas não foram especificadas, mas sabe-se que abaixo de 300 mm anuais de chuva a produção da planta é ameaçada. A mesma fonte indica que o teor de óleo na semente de pinhão manso fica entre 30 e 40%, sendo que o teor médio calculado é de 37%.

A EMBRAPA Semi-Árido declarou que o rendimento de óleo obtido nas sementes em uma plantação de pesquisa em Petrolina-PE está dentro da faixa daquele encontrado na Índia: entre 30 e 40% (DRUMOND, 2006). Os testes conduzidos também

apontaram a possibilidade de uma safra de 200 a 250 kg por hectare já aos primeiros 6 a 7 meses após o plantio. Este teste parece estar coerente com o resultado obtido no quadro acima de índice pluviométrico normal sem irrigação, o que apontaria um rendimento de 2,0 ton/ha/ano a partir do quinto ano de plantio. Drumond (2006) acredita que a produção deve estabilizar-se em torno desse patamar. A principal divergência está que Drumond acredita que, com irrigação, este rendimento poderia dobrar, chegando a 4,0 ton/ha/ano, versus 8,0 ton/ha/ano divulgado na Índia.

Assumindo que no Brasil o cenário base será uma produção de 2,0 ton/ha/ano de pinhão manso e as sementes terão um teor de óleo médio de 37%, consegue-se chegar a uma produtividade média de óleo de aproximadamente 0,75 ton/ha/ano.

No Brasil, não há escala grande o suficiente para se saber o preço comercial de uma tonelada de sementes de pinhão manso. Na Índia, esta quantia de sementes pode ser comprada por 5.000 rupias indianos (JATROPHA BIODIESEL, 2006), o que equivale, nas cotações de final de setembro de 2006, a quase R\$250. Isto significa que, se no Brasil o preço de comercialização for o mesmo, uma tonelada de óleo poderá ser feito a partir de R\$675 de sementes de pinhão manso.

Conseguiu-se encontrar um fornecedor brasileiro de sementes de pinhão manso, que indicou que o preço da tonelada está atualmente em R\$300 no Brasil (RURALBODIESEL, 2006). Para produzir uma tonelada de óleo então seria necessário o equivalente a R\$810 de pinhão manso.

#### *2.4.2 Vantagens*

O pinhão manso tem uma série de vantagens devido a sua capacidade de crescimento. Esta planta pode crescer e sobreviver com mínimos cuidados em terras de pouco fertilidade, e mesmo assim ter um crescimento rápido e um período de vida de até 30 anos. Todas estas facilidades do pinhão manso faz com que ela seja mais resistente para a seca do que a mamona e ainda apresentar custo de cultivo mais baixo

que a de esta planta, principalmente devido ao fato do pinhão manso ser uma cultura perene, versus a lavoura semi-perene ou temporária da mamona.

Similarmente com a mamona, o pinhão manso também exige mão-de-obra em sua colheita, o que possibilita um aumento da inclusão social no semi-árido brasileiro. Pequenos produtores rurais podem aumentar a sua renda ao cultivar a Jatropha.

A sua torta prova ser também valiosa como adubo orgânico e fertilizante. Isso pode diminuir ainda mais o custo de óleo de pinhão manso, já que com a mesma quantidade de sementes você consegue um rendimento adicional com a venda da torta, com a sua utilização na própria cultura ou em outras, típicas da agricultura familiar de subsistência, após a extração do óleo.

#### *2.4.3 Pontos Críticos*

O maior problema de se usar pinhão manso como matéria-prima para o biodiesel é a falta de conhecimento atual sobre o seu cultivo em escala comercial. Não se sabe ao certo qual será o rendimento médio desta planta em solos brasileiros, se alguma praga nacional poderá devastar a sua lavoura, qual será o preço comercial das sementes, qual é a melhor forma de cultivo e de colheita, etc. Além disso, serão necessários alguns anos até que o pinhão manso renda frutos o suficiente para que se consiga produzir biodiesel em grande escala a partir de seu óleo.

Adicionalmente, a planta tem uma baixa resistência ao frio, o que descarta que seu cultivo seja realizado em áreas onde geadas possam acontecer. Suas sementes também são tóxicas, o que, de um lado, ajuda a prevenir contra pragas, mas, de outro, não permite que a torta que sobra seja usada para alimentação animal.

### **2.5 Comparação entre as quatro espécies oleaginosas**

No quadro abaixo mostra-se um resumo das características das matérias-primas citadas acima.

**Tabela 9 – Quadro resumo das matérias-primas avaliadas**

Item	Cultura			
	Dendê	Mamona	Soja	Pinhão Manso
Nome Científico	<i>Elaeis guineensis</i>	<i>Ricinus communis</i> L.	<i>Glycine max</i> L.	<i>Jatropha curcas</i> <b>até 30 anos</b>
Ciclo	25 anos	240 dias	90 dias	
Região Recomendada	N	NE/SE	CO/SE/S	NE/SE
Rendimento Médio Esperado (Sementes)	<b>16,0 t/ha/ano (PA)</b>	0,8 t/ha/ano	2,2 t/ha/ano	2,0 t/ha/ano
Teor Médio de Óleo	20%	<b>48%</b>	20%	37%
Produtividade de Óleo	<b>3,20 t/ha/ano (PA)</b>	0,38 t/ha/ano	0,45 t/ha/ano	0,75 t/ha/ano
Preço de MP para 1 ton de Óleo	<b>R\$ 470</b>	R\$ 1.400	R\$ 1.300	R\$ 810
Benefício Social	Médio	<b>Alto</b>	Baixo	<b>Alto</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Em negrito acima está o melhor em cada quesito. Como pode-se perceber, dentre as culturas analisadas o dendê parece ter o menor custo necessário de matéria-prima para produção de óleo vegetal. Porém, o pinhão manso tem o segundo menor custo mas apresenta outras vantagens em relação ao dendê. Primeiramente, embora ambas as culturas sejam perenes, a *Jatropha* pode chegar a sobreviver por mais tempo que o dendê (30 versus 25 anos, respectivamente). O dendê também exige não só um investimento inicial mais elevado, mas condições de sobrevivência mais específicas encontradas principalmente no Norte do país, o que limita sua contribuição para a inclusão social. O pinhão manso tem como principal restrição ao seu plantio o frio, e há quem indique que ele pode ser plantado em qualquer região brasileira com exceção da do Sul (PINHÃO MANSO, 2006).

Assim, o fato de o pinhão manso ser uma cultura ainda pouco pesquisada nacionalmente e apresentar uma série de características favoráveis ao seu plantio, especialmente sua possível alta capacidade de integração social nas regiões mais

secas, fez com que o autor focasse o estudo nesta planta, mesmo que a mesma não tenha atualmente o menor custo de produção.

### 3 – ASPECTOS DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

#### 3.1 Etapas do processo de produção

É de extrema importância conhecer todo o processo de produção do biodiesel para que se consiga analisar os custos envolvidos em cada etapa da produção. Abaixo encontra-se o fluxograma com o processo de produção de biodiesel.

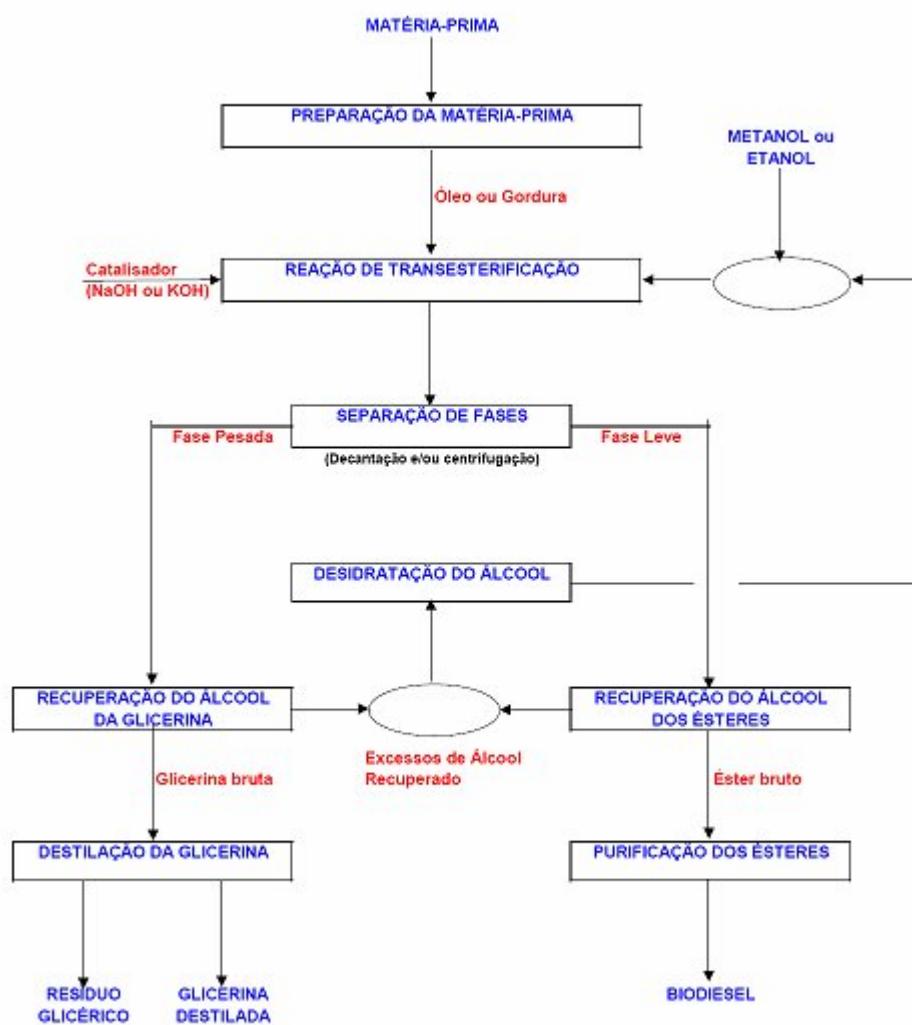


Figura 15 – Fluxograma da produção de biodiesel

Fonte: Parente (2003)

Algum excesso de álcool é necessário para aumentar o rendimento da conversão e permitir a posterior separação dos ésteres do glicerol, fazendo com que seja interessante adotar um procedimento de reciclagem do álcool utilizado, mostrado acima.

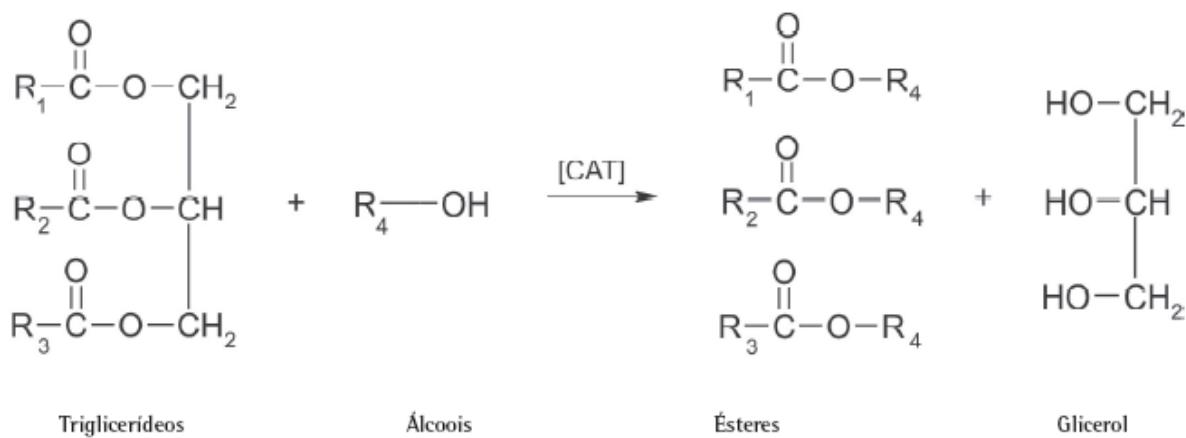
### *3.1.1 Preparo da matéria-prima*

Os procedimentos para o preparo da matéria-prima para a sua conversão em biodiesel visa criar condições para a reação de transesterificação com a máxima taxa de conversão.

Em princípio, é necessário que a matéria-prima tenha o mínimo de umidade e de acidez possível, o que acontece submetendo-a a um processo de neutralização. Isso ocorre através de lavagem com uma solução alcalina de hidróxido de sódio e de potássio, seguida de uma operação de secagem ou desumidificação. As especificidades do tratamento dependem da natureza e das condições da matéria graxa empregada como matéria-prima (PARENTE, 2003).

### *3.1.2 Transesterificação*

A reação de transesterificação é a etapa de conversão do óleo em ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, que constitui o biodiesel. A reação é apresentada pela seguinte equação:



**Figura 16 – reação de transesterificação de biodiesel**

Fonte: Portal do Biodiesel (2006b)

Ou seja:

- Óleo + Metanol  $\rightarrow$  Ésteres Metílicos + Glicerol, ou
- Óleo + Etanol  $\rightarrow$  Ésteres Etílicos + Glicerol

A transesterificação etílica é significativamente mais complexa que a metílica, além de ser mais lenta (ARANDA, 2005). O aumento do tamanho da cadeia do álcool gera uma maior sofisticação do processo e parte dos parâmetros do processo deve ser revista. Entretanto, trabalhando-se as quantidades estequiométricas relativas entre catalisador, álcool e óleo não transesterificado, bem com outras variáveis de processo como temperatura, agitação e tempo de reação, acredita-se ser possível atingir qualidade similar do produto obtido via rota metílica. Devido ao caráter azeotrópico do etanol, o processo de recuperação deste álcool é também mais complexo e dispendioso. É por isso que, no mundo, há a predominância do uso da transesterificação pela rota metílica.

Porém, a possibilidade de utilização de álcool etílico na produção de biodiesel é de alto interesse considerando as condições particulares do Brasil, onde são produzidos volumes expressivos de etanol, de um modo sustentável e a preços competitivos. O etanol é produzido a partir de biomassa, cana-de-açúcar no caso nacional, enquanto o metanol é derivado de petróleo, ou seja, o primeiro é mais

amigável ao ambiente. Além disso, o metanol exige cuidados especiais em seu manejo por trazer efeitos nocivos à saúde, o que poderia provocar problemas de salubridade (SALLES, 2005).

Na transesterificação é necessário o acréscimo de um catalisador para promover a reação. Os catalisadores mais empregados são o hidróxido de potássio (KOH) e hidróxido de sódio (NaOH). O KOH é mais caro, mas gera menos problemas de sabões do que o NaOH.

### *3.1.3 Separação de fases*

Após a reação de transesterificação, que converte a matéria graxa em ésteres (biodiesel), a massa reacional final é constituída de duas fases, separáveis por decantação e/ou por centrifugação.

A fase mais pesada é composta de glicerina bruta, impregnada dos excessos utilizados de álcool, água e impurezas inerentes à matéria-prima. A fase menos densa é constituída de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos, conforme a natureza do álcool originalmente adotado, também impregnado de excessos reacionais de álcool e de impurezas (PARENTE, 2003).

### *3.1.4 Recuperação do álcool da glicerina*

A fase pesada descrita acima é submetida a um processo de evaporação sob baixa pressão. Elimina-se assim da glicerina bruta os constituintes voláteis (água e álcool), cujos vapores são liquefeitos em um condensador apropriado. Também pode-se empregar, de forma alternativa, o processo de destilação. O sub-produto assim obtido será a glicerina bruta (SALLES, 2005).

### *3.1.5 Recuperação do álcool dos ésteres*

A etapa acima é repetida da mesma forma, mas separadamente, para extrair o álcool residual da fase mais leve, liberando para as etapas seguintes os ésteres metílicos ou etílicos.

### *3.1.6 Desidratação do álcool*

Os excessos residuais de álcool, após os processos de recuperação, contêm quantidades significativas de água, necessitando uma separação. A desidratação do álcool, normalmente, é feita por destilação.

### *3.1.7 Purificação dos ésteres*

Os ésteres deverão ser lavados por centrifugação e posteriormente desumidificados. O resultado é, finalmente, o biodiesel, que deverá ter suas características enquadradas nas especificações das normas técnicas estabelecidas para o combustível para uso em motores de ciclo diesel. Em alguns casos, utiliza-se também água morna para remover resíduos de catalisador e sabões (PARENTE, 2003).

### *3.1.8 Destilação da glicerina*

A glicerina bruta, emergente de processo, mesmo com suas impurezas convencionais, já constitui um sub-produto vendável. No entanto, o mercado é muito mais favorável à comercialização da glicerina purificada, cujo valor é realçado.

## **3.2 Sub-produto gerado**

A glicerina, resultado do processo de transesterificação, é o sub-produto da produção de biodiesel. A venda deste sub-produto deve gerar receitas que podem auxiliar na viabilidade econômica do biodiesel.

## 4 ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE PINHÃO MANSO

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômica da produção do biodiesel a partir de óleo extraído desementes de pinhão manso. As técnicas utilizadas para tal serão explicadas a seguir.

### 4.1 Referencial teórico

Duas técnicas de análise de viabilidade econômica serão usadas neste trabalho: o de valor presente líquido (VPL) e a da taxa interna de retorno (TIR) do projeto.

#### 4.1.1 *Valor Presente Líquido*

Segundo Brigham; Gapenski; e Ehrhardt (1999), o método do VPL é um modo eficiente de avaliar projetos. Esta técnica consiste em somar os fluxos de caixa esperados de uma empresa e trazê-los a valor presente por uma taxa de desconto. Para implementar esta abordagem, deve-se proceder conforme a seguir:

1. Encontrar o valor presente de cada fluxo de caixa esperado, incluindo as entradas e saídas de caixa, descontadas ao custo de capital do projeto.
2. Somar os fluxos de caixa descontados; esta soma é definida como o VPL do projeto.
3. Se o VPL for positivo, o projeto é viável economicamente e deve ser implementado. Caso contrário, o projeto é economicamente inviável.

A equação usada para calcular o VPL é:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FCE_t}{(1+k)^t} \quad (1)$$

Fonte: Brigham;Gapenski; e Erhardt (2006)

Onde,

$FCE_t$ : fluxo de caixa esperado no período t;

k: taxa de desconto;

t: período de tempo;

n: vida útil do projeto.

Para calcular o VPL, devemos projetar os custos e receitas que compoem o fluxo de caixa por 10 anos, período que perdura a vida útil do projeto. Serão estipulados também três cenários de projeções: cenário base, cenário pessimista e cenário otimista. Como há um grande nível de incerteza nas estimativas feitas durante um horizonte de 10 anos no futuro, estes diferentes cenários tentarão mostrar o que poderá acontecer com a viabilidade econômica caso a realidade venha a fugir do previsto no cenário base.

#### 4.1.1.1 Fluxo de caixa esperado

O fluxo de caixa (FC) de uma empresa pode ser simplificado como sendo o seu lucro líquido adicionado de todos os ajustes que não impactam o caixa. O lucro líquido (LL), por sua vez, é definido como sendo a diferença entre todas as receitas de uma empresa e todas as suas despesas, incluindo depreciação, juros e impostos (BRIGHAM; GAPENSKI; ERHARDT, 2006).

De forma simplificada, o único ajuste que é subtraído da receita no LL e que não impacta o caixa é a depreciação. A depreciação deve então ser somada ao LL para se obter o FC. Adicionalmente, a taxa de desconto utilizada no método do VPL, explicada a seguir, já inclui os custos oriundos de dívida. Caso os custos com juros fossem deduzidos do FC para que este fosse em seguida trazido a valor presente através da taxa de desconto, haveria uma contagem dupla do custo da dívida. Assim, o FC também não deve conter custos com juros (BRIGHAM; GAPENSKI; e ERHARDT, 2006). Em resumo, a seguinte equação é usada para calcular o FC.

$$FC = LAJIDA - Imposto de Renda \quad (2)$$

Fonte: Gitman (2002)

Onde,

LAJIDA = Receita Líquida – Custos Operacionais

LAJIDA: Lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização

Os custos com imposto de renda podem ser calculados pela equação a seguir.

$$Imposto de Renda = LAIR \cdot (\text{alíquota de imposto}) \quad (3)$$

Fonte: Gitman (2002)

Onde,

LAIR = LAJIDA – Despesas financeiras – Depreciação – Amortização

LAIR: Lucro antes de imposto de renda

#### 4.1.1.2 Taxa de desconto

A taxa de desconto é a taxa pela qual os fluxos de caixa esperados são trazidos a valor presente. Esta taxa representa o custo de capital utilizado no projeto e, portanto, depende da estrutura de capital. Caso este seja composto por capital próprio e de terceiros, será necessário calcular o custo médio ponderado de capital (CMPC). Para Damodaran (1997, p. 77), o CMPC pode ser definido como “a média ponderada dos custos dos diversos componentes de financiamento, incluindo dívida, patrimônio líquido e títulos híbridos, utilizados por uma empresa para financiar suas necessidades financeiras”. A fórmula a seguir mostra como consegue-se calcular este custo:

$$CMPC = k_e \cdot \frac{E}{E+D} + k_d \cdot \frac{D}{E+D} \quad (4)$$

Fonte: Damodaran (1997)

Onde,

$k_e$ : custo do patrimônio líquido

$k_d$ : custo das dívidas

E: valor de mercado do patrimônio líquido

D: valor de mercado da dívida

#### 4.1.2 Taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno (TIR) é definida como a taxa de desconto que zera o VPL de um projeto, ou seja, quando o valor presente das entradas de caixa igualam o valor presente das saídas de caixa (BRIGHAM; GAPENSKI; e ERHARDT, 2006). Esta definição pode ser representada pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FCE_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (5)$$

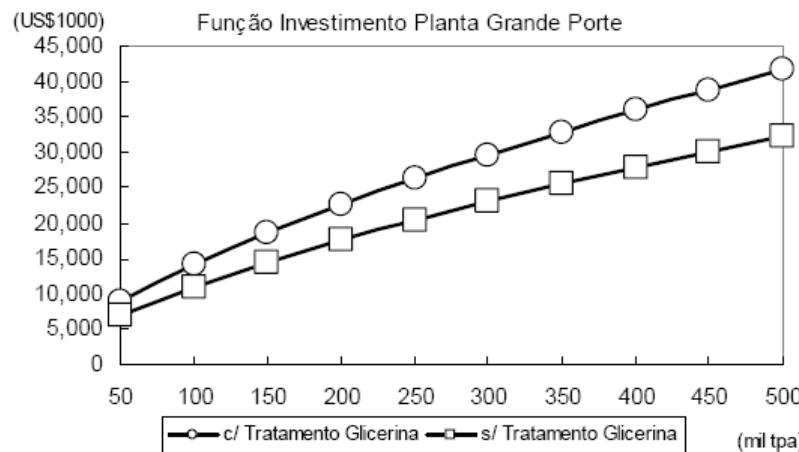
Fonte: (Brigham; Gapenski; e Ehrhardt, 2006)

Sendo que a TIR é a taxa de retorno esperada para um projeto, haverá um excesso de caixa após o pagamento dos custos de capital se a TIR exceder a taxa mínima de atratividade, que será o CMPC usado para financiar o projeto. Assim, o projeto será economicamente viável quando a TIR for maior que a CMPC.

## 4.2 Custos de produção de biodiesel a partir do pinhão manso

### 4.2.1 Custos de implantação de usina de biodiesel

Para começar a produzir biodiesel, primeiramente deve-se investir em uma usina. A Tecbio Tecnologias Bioenergéticas Ltda e a Dedini S/A Indústrias de Base são duas conceituadas fornecedoras de usinas que as entregam em modelo “turn-key”, ou seja, em condições de pleno funcionamento. Na figura abaixo estão valores necessário de investimento para plantas de diferentes capacidades de produção da Tecbio.



**Figura 17 – Investimento necessário versus capacidade da planta**

Fonte: JBIC (2006)

Uma planta com capacidade de produção anual de 100 mil toneladas de biodiesel com tratamento de glicerina requer um investimento de U\$ 15 milhões, ou o equivalente a aproximadamente R\$ 32,3 milhões (R\$/U\$ 2,15).

Conseguiu-se também o orçamento para duas plantas de capacidades diferentes fornecidas pela Dedini, conforme abaixo:

**Tabela 10 – Investimento detalhado de uma usina de biodiesel**

<b>Equipamentos</b>	<b>Custo (R\$ 1.000)</b>	
	<b>100.000 t/ano</b>	<b>200.000 t/ano</b>
Neutralização	2.500	4.000
Planta de Transformação + Laboratório	19.000	25.000
Tancagem + Plataforma	5.000	8.000
Utilidades	2.500	4.000
Obras Civis + Segurança	3.000	4.000
<b>Total</b>	<b>32.000</b>	<b>45.000</b>

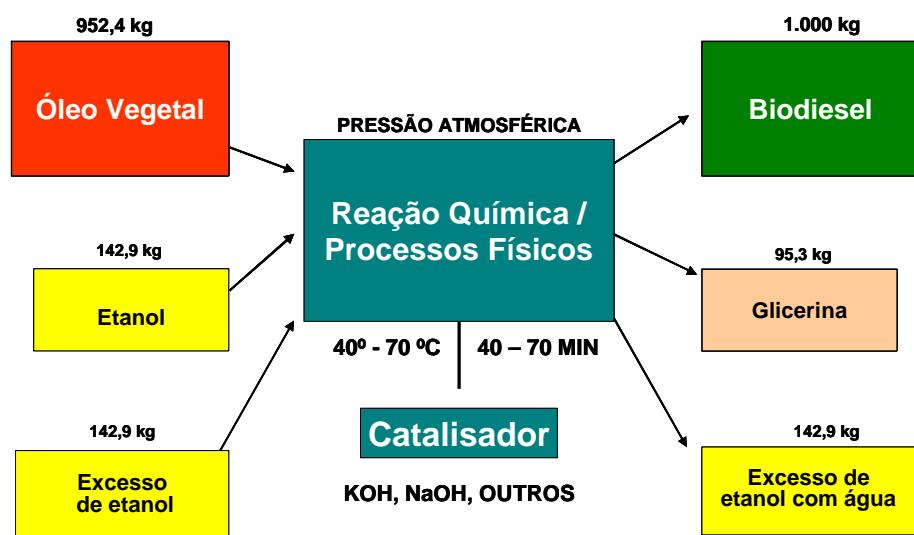
Fonte: Vecchio (2006)

Portanto, tanto com a Dedini como com a Tecbio, consegue-se instalar uma usina para produzir 100 mil toneladas de biodiesel por ano com R\$ 32,5 milhões, sendo que há ainda um custo adicional de instalação de R\$ 500 mil. A vida útil da instalação é

estimada em 10 anos, e a depreciação será feita de forma linear a R\$3,2 milhões anuais.

#### 4.2.2 Custos de matéria-prima

Na figura abaixo, o balanço de massa da reação de transesterificação é apresentado. Nota-se que, para assegurar a eficiência da reação, é utilizado álcool em uma razão estequiométrica de 6 para 1 em relação ao óleo vegetal, ou o dobro que o necessário. Porém, esta quantidade em excesso não reage com o óleo e pode ser reutilizado no processo.



**Figura 18 – Balanço de massa da produção de biodiesel**

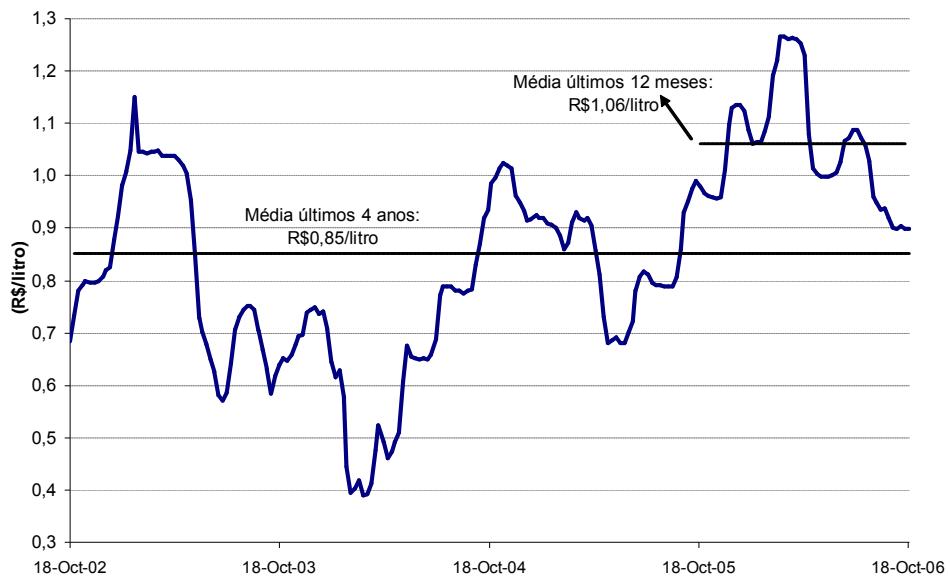
Fonte: Olivério (2005)

As matérias-primas aqui definidas são os produtos que efetivamente são convertidos em biodiesel: o etanol e o óleo vegetal.

##### 4.2.2.1 Etanol

O preço do etanol em 20 de outubro de 2006, de acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2006), estava em R\$0,899/litro. Dado que o álcool etílico tem densidade de 0,79kg/l, o preço acima se converte para

R\$1,138/kg. Esse preço refere-se ao álcool anidro com impostos. Porém, deve-se levar em conta que o preço histórico do etanol é bastante volátil, como está demonstrado na figura a seguir.



**Figura 19 – Evolução do preço histórico de etanol**

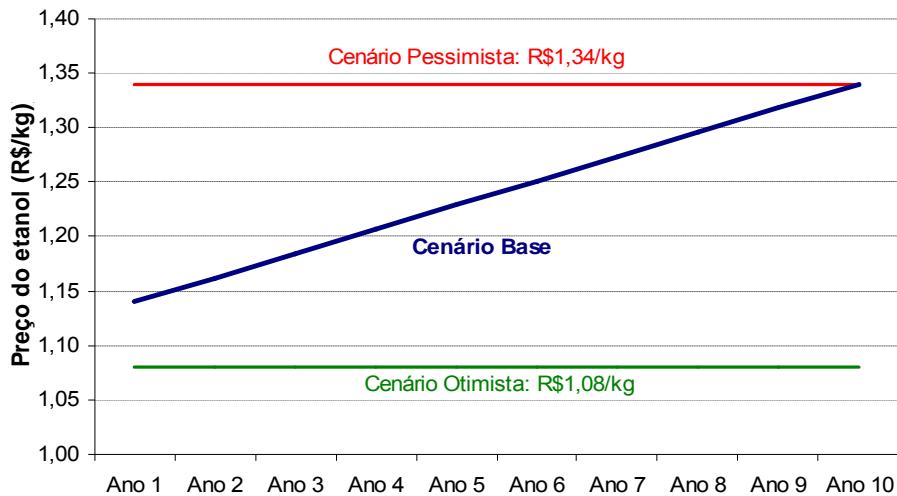
Fonte: CEPEA (2006)

Nota-se que o preço médio de etanol nos últimos 4 anos foi de R\$0,85/l e o preço médio nos últimos 12 meses até 20 de outubro foi de R\$1,06/l. Apesar de, no último ano, o preço do álcool anidro ter ficado em um patamar bem acima da média dos últimos 4 anos, é previsto que os preços tenham queda já no ano que vem. Durante a safra de 2006/2007, é projetado que a demanda interna para este produto caia 600 milhões de litros em relação à safra passada para um total de 13,25 bilhões de litros, enquanto a oferta do produto suba 5% no mesmo período para 16,6 bilhões de litros (USDA, 2006). Estima-se provável que, após esta queda em 2007, o preço do álcool voltará a subir gradativamente devido a pressões pelo lado da demanda, parte advindas da indústria do biodiesel. Assim, o cenário base estimará que o preço do etanol subirá do patamar atual (R\$0,90/l ou R\$1,14/kg) para o preço médio dos últimos 12 meses de R\$1,06/l ou R\$1,34/kg.

Para o cenário pessimista, pode-se considerar que o alto preço médio do período de 12 meses entre outubro de 2005 e outubro de 2006, de R\$1,06/l (R\$1,34/kg), perdurará pela próxima década. Este valor está 18% acima da cotação de 20 de outubro de 2006 e 25% acima da média dos últimos quatro anos.

Já para o cenário otimista, considerar-se-á que o preço médio anual do etanol ficará dentro da média dos últimos 4 anos, R\$0,85/l ou R\$1,08/kg. Esse cenário talvez poderia ser parcialmente explicado pela curva de aprendizado, ou seja, quanto maior o tempo em que se produz algo, maior o conhecimento das técnicas de produção deste produto, aumentando assim sua produtividade e fazendo com que a oferta suba ao mesmo ritmo que a demanda.

Segue gráfico abaixo com a evolução dos cenários durante o horizonte de tempo considerado.



**Figura 20 – Evolução dos cenários para o preço futuro de etanol**

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.2.2 Óleo de pinhão manso

A cultura do pinhão manso é ainda pouco explorada no território brasileiro e apenas uma estimativa do preço atual é possível. Como já foi discutido acima, esse

preço deve ficar em torno de R\$300/ton de sementes de pinhão manso, ou R\$810 de sementes por tonelada de óleo extraído.

Porém, como pretende-se comprar o óleo de pinhão manso pronto e não extraído das sementes, o preço de compra do óleo deve ser maior que R\$810. Para estimar esse preço, usaremos como exemplo o preço do óleo de soja em comparação com a soja. É estimado que se gasta na extração de óleo de soja quase R\$26 por tonelada de grãos processados (VECCHIO, 2006). No caso do pinhão manso, com um teor de óleo de 37% são necessárias 2,7 toneladas de sementes, acarretando em um custo de aproximadamente R\$70 por tonelada de óleo extraído. A torta de pinhão manso é um subproduto que pode se tornar fonte de renda. Como foi mostrado acima, no caso da mamona, 85% da torta gerada na extração de óleo pode ser vendida a um preço de R\$0,30/kg. Como a torta de pinhão manso pode ter a mesma utilidade da de mamona na indústria de fertilizante, uma estimativa conservadora seria que conseguiria-se vender a torta por R\$0,10/kg, ou um terço do preço da torta de mamona. Em 2,7 toneladas de sementes, 85% do que sobra da extração de óleo é equivalente a 1,45 tonelada de torta de pinhão manso, ou uma receita de R\$145. O custo de produção de uma tonelada de óleo ficaria então em R\$735, abaixo do custo de compra de sementes de pinhão manso. No caso da soja, o produtor de óleo exerce um *mark-up* de cerca de 20% (VECCHIO, 2006). Estimando-se que o *mark-up* seja idêntico para o caso do pinhão manso, temos um preço final de R\$882 por tonelada de óleo de pinhão manso.

**Tabela 11 – Custo de produção de óleo de pinhão manso**

Custo	R\$/ton de óleo
Sementes de pinhão manso	810
Custo de extração do óleo	70
Receita subproduto (R\$0,10/kg)	-145
Custo final de produção	735
<i>Mark-up</i> (20%)	147
<b>Preço final</b>	<b>882</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Devido à grande dificuldade para estimar o preço deste produto agrícola, o cenário base para a próxima década será a de manutenção do preço acima citado.

Para os cenários pessimista e otimista, será levado em conta uma diferença de R\$70 no custo de produção do óleo antes do *mark-up*, o equivalente a uma mudança de aproximadamente R\$25 no preço da tonelada de pinhão manso ou de quase R\$0,05 no preço da torta. Para o cenário pessimista, por exemplo, seria como se o preço da semente aumentasse para R\$325/ton ou a torta valesse R\$0,05/kg. Adicionando o *mark-up* de 20%, a diferença entre os cenário fica em R\$84 por tonelada de óleo produzido. O quadro abaixo mostra esta diferença. Nota-se que para os três cenários os preços continuariam o mesmo durante os 10 anos analisados.

Foram encontrados dois preços de óleo de pinhão manso no mercado internacional: US\$300/ton (JATROPHA WORLD, 2006) e US\$320/ton (ECOWORLD, 2006). O preço de US\$320/ton converte-se para R\$688/ton na taxa de câmbio atual. Portanto, mesmo no cenário otimista, nota-se que os preços estimados para o óleo de pinhão manso parecem ser realistas.

**Tabela 12 – Cenários para o preço futuro de óleo de pinhão manso**

	<b>Óleo de pinhão manso (R\$/ton)</b>
Cenário Base	882
Cenário Pessimista	966
Cenário Otimista	798

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.2.3 Quadro resumo

De acordo com os valores abordados nas duas seções acima, pode-se estabelecer o montante necessário de matéria-prima para produzir uma tonelada de biodiesel atualmente e durante o horizonte de vida econômica do equipamento de dez anos. Abaixo está o custo estimado para preços atuais.

**Tabela 13 – Quadro resumo para custo atual com matéria-prima**

<b>Matéria-Prima</b>	<b>R\$/kg</b>	<b>kg/ton biodiesel</b>	<b>R\$/ton biodiesel</b>
Óleo de pinhão manso	0,882	952,4	840,02
Etanol	1,138	142,9	162,62
<b>TOTAL</b>			<b>1.002,64</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Para os próximos 10 anos, levando-se em conta as hipóteses já exploradas, os custos para cada cenário estão na tabela a seguir.

**Tabela 14 – Evolução dos cenários para o custo com matéria-prima (R\$/ton de biodiesel)**

	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>
<b>Cenário Base</b>					
Matéria-prima total	1002,93	1006,10	1009,28	1012,45	1015,63
Óleo de pinhão manso	840,02	840,02	840,02	840,02	840,02
Etanol	162,91	166,08	169,26	172,43	175,61
<b>Cenário Pessimista</b>					
Matéria-prima total	1111,50	1111,50	1111,50	1111,50	1111,50
Óleo de pinhão manso	920,02	920,02	920,02	920,02	920,02
Etanol	191,49	191,49	191,49	191,49	191,49
<b>Cenário Otimista</b>					
Matéria-prima total	914,35	914,35	914,35	914,35	914,35
Óleo de pinhão manso	760,02	760,02	760,02	760,02	760,02
Etanol	154,33	154,33	154,33	154,33	154,33
	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Cenário Base</b>					
Matéria-prima total	1018,80	1021,98	1025,15	1028,33	1031,51
Óleo de pinhão manso	840,02	840,02	840,02	840,02	840,02
Etanol	178,78	181,96	185,13	188,31	191,49
<b>Cenário Pessimista</b>					
Matéria-prima total	1111,50	1111,50	1111,50	1111,50	1111,50
Óleo de pinhão manso	920,02	920,02	920,02	920,02	920,02
Etanol	191,49	191,49	191,49	191,49	191,49
<b>Cenário Otimista</b>					
Matéria-prima total	914,35	914,35	914,35	914,35	914,35
Óleo de pinhão manso	760,02	760,02	760,02	760,02	760,02
Etanol	154,33	154,33	154,33	154,33	154,33

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.3 Custos de outros insumos

Segundo Vecchio (2006), outros insumos necessários na produção de biodiesel são as utilidades energia elétrica, vapor e água de resfriamento, o catalisador, que neste caso será o hidróxido de sódio, e a mão-de-obra. A recuperação de álcool também necessita insumos, a seguir. A produção de uma tonelada de biodiesel usa em excesso um total de 142,9 kg de etanol que podem ser recuperados. Tem-se então as seguintes necessidades de utilidades e produtos químicos para produzir 1.000 kg de biodiesel e recuperar todo o álcool em excesso utilizado:

**Tabela 15 – Necessidades de outros insumos para produzir biodiesel e reciclar o álcool**

	Para produzir 1 tonelada de biodiesel	Para recuperar 100 kg de etanol	Produção de 1 ton de biodiesel e recuperação de todo álcool (142,9 kg)
<b>Utilidades</b>			
Energia Elétrica	25 kWh	3 kWh	29,3 kWh
Vapor	340 kg	150 kg	554 kg
Água de resfriamento	28 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>	42,3 m <sup>3</sup>
<b>Produtos Químicos</b>			
Catalisador (NaOH)	5,5 kg	-	5,5 kg

Fonte: Vecchio (2006)

O preço atual estimado para os insumos está declarado abaixo:

**Tabela 16 – Custos atuais de outros insumos**

Outros Insumos	R\$/ton biodiesel
Utilidades	26,53
Produtos Químicos	60,20
Mão-de-obra	4,80
<b>TOTAL</b>	<b>91,53</b>

Fonte: Vecchio (2006)

Para o horizonte de dez anos declarado, os custos acima serão reajustados de acordo com a inflação projetada para os diferentes cenários.

#### 4.2.3.1 Inflação projetada

O Relatório de Mercado, divulgado semanalmente pelo Banco Central do Brasil (BCB), mostra as expectativas do mercado para diversos indicadores econômicos

brasileiros. A previsão do mercado para o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), índice utilizado pelo BCB no sistema de metas para a inflação, é de 4,2% para 2007 (BCB, 2006a). Este número parece ser bastante satisfatório para ser utilizado neste relatório. Não há previsão no Relatório de Mercado para os anos seguintes, mas uma aproximação adequada para o cenário base seria a de projetar a inflação no centro da meta atual de inflação do BCB, estabelecida em 4,5% até 2008, de acordo com a resolução 3.378 (BCB, 2006b).

A resolução 3.378 também fixa o intervalo de tolerância para a inflação de 2,0 pontos percentuais para cima ou para baixo do centro da meta, ou seja, será permitido um IPCA mínimo de 2,5% e máximo de 6,5%. Para os demais cenários analisados neste trabalho, parece interessante prever uma inflação média perto dos limites deste intervalo objetivado pelo BCB. Assim, o cenário pessimista terá inflação projetada de 6,0%, 1,5% acima da meta central. O cenário otimista terá a mesma distância do centro da meta que o cenário pessimista, com uma projeção de 3,0%.

**Tabela 17 – Evolução dos cenários para a inflação projetada**

Cenário	Ano 1	Ano 2	...	Ano 10
Base	4,2%	4,5%	...	4,5%
Pessimista	6,0%	6,0%	...	6,0%
Otimista	3,0%	3,0%	...	3,0%

Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela acima mostra então as projeções para o IPCA para os diferentes cenários analisados durante o horizonte de 10 anos.

#### 4.2.4 Outras despesas

Há dois outros gastos que não fazem parte das classificações acima. Estes são os custos com reparo e manutenção da fábrica e com a neutralização da matéria-prima.

Estimativas da Dedini apontam que, com uma produção de 100 mil toneladas de biodiesel por ano, o gasto anual com reparo e manutenção deve corresponder a

aproximadamente 3,5% do valor inicial da usina de R\$32 milhões, ou R\$1,12 milhão (VECCHIO, 2006).

Já a mesma fonte estima que o custo do processo de neutralização é de R\$22,20 por tonelada de biodiesel.

**Tabela 18 – Custos atuais de outras despesas**

<b>Outras despesas</b>	<b>R\$/ton biodiesel</b>
Reparo e Manutenção	11,20
Neutralização	22,20
<b>TOTAL</b>	<b>33,40</b>

Fonte: Vecchio (2006)

Assim como para o preço de outros insumos, estes custos serão reajustados de acordo com a inflação projetada em cada cenário.

#### *4.2.5 Quadro resumo de custos*

Os custos totais são então a soma dos custos de matéria-prima, custos de outros insumos e outras despesas, discriminados acima. Abaixo encontra-se o quadro resumo de todas essas despesas a preços atuais.

**Tabela 19 – Quadro resumo de custos**

	<b>R\$/ton biodiesel</b>
<b>Matéria-Prima</b>	<b>1002,64</b>
Óleo de pinhão manso	840,02
Etanol	162,62
<b>Outros Insumos</b>	<b>91,53</b>
Utilidades	26,53
Produtos químicos	60,20
Mão-de-obra	4,80
<b>Outras despesas</b>	<b>33,40</b>
Reparo e Manutenção	11,20
Neutralização	22,20
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>1.127,57</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, para produzir uma tonelada de biodiesel a partir de óleo de pinhão manso, gasta-se um total de R\$1.127,57 atualmente.

É importante também converter o custo por tonelada calculado acima para custo em litros, para assim conseguir comparar o custo de biodiesel com o preço de diesel. A densidade média do biodiesel é de aproximadamente 0,88 kg/litro. O custo de produção de biodiesel, ainda não levando em conta a receita do subproduto glicerina, é de R\$0,99/litro.

Para os diferentes cenários durante a vida útil de 10 anos da instalação física, temos o seguinte quadro.

**Tabela 20 – Evolução dos cenários para os custos totais (R\$/ton de biodiesel)**

Cenário	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Base	1133,10	1142,13	1151,43	1161,00	1170,86
Pessimista	1243,93	1251,88	1260,30	1269,23	1278,69
Otimista	1043,03	1046,89	1050,86	1054,96	1059,18
Cenário	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Base	1181,02	1191,50	1202,30	1213,45	1224,96
Pessimista	1288,72	1299,35	1310,62	1322,57	1335,24
Otimista	1063,52	1068,00	1072,60	1077,35	1082,24

Fonte: Elaborado pelo autor

A discriminação dos custos para os três cenários analisados estão nos Apêndices A até F.

### 4.3 Análise da receita de venda de biodiesel

#### 4.3.1 Preço do diesel

O preço do diesel atual e no futuro é fundamental para poder saber a que preço o biodiesel poderá ser vendido. Só assim consegue-se ter uma projeção adequada da

receita obtida com a comercialização do produto em questão e analisar se este realmente é um projeto viável economicamente falando.

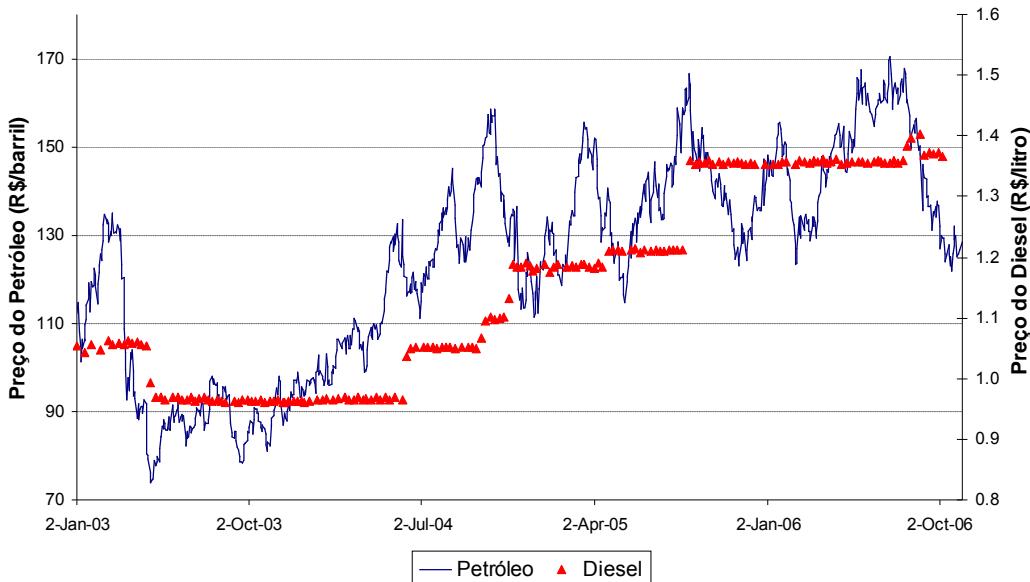
Para poder ter uma idéia melhor do que poderá vir a acontecer com o preço do diesel no mercado nacional, será aqui analisada a cotação histórica deste combustível no Brasil assim como o que tem influenciado a formação de seu preço.

A própria formação de preço dos derivados de petróleo tem uma história no Brasil, sendo por um grande tempo controlada pelo governo. Os preços eram reajustados com base nas cotações internacionais do óleo cru e na taxa de câmbio, trimestralmente, utilizando-se uma fórmula pré-estabelecida. Em janeiro de 2002 houve finalmente a abertura do mercado de abastecimento de combustíveis. Os preços dos derivados foram liberados de qualquer tipo de intervenção governamental, inclusive com a interrupção de diversos subsídios até então distribuídos. Foi permitida a participação de companhias privadas na exportação e importação de produtos de petróleo (ANP, 2006).

Mesmo com a liberalização do mercado, os preços dos derivados ainda não são completamente livres no Brasil. Isto ocorre principalmente pelo domínio do mercado exercido pela Petrobras. A Petrobras controla cerca de 96% do parque de refino, o que demonstra a intenção do governo em continuar influenciando o mercado de petróleo nacional (BIODIESELBR, 2006).

Com o monopólio da Petrobras, outros agentes privados tiveram e têm dificuldade em importar derivados por preços competitivos, especialmente no caso do óleo diesel. Dados indicam que a importação de diesel da Petrobras foi cerca de 19 vezes maior do que a de todos os outros agentes juntos, no primeiro semestre de 2003 (BIODIESELBR, 2006).

No gráfico abaixo, tem-se o preço médio do óleo diesel no Brasil praticado pelos produtores plotado contra o preço do petróleo West Texas Intermediate (WTI), negociado em Nova Iorque, em Reais.



**Figura 21 – Evolução do preço do petróleo em Reais e do preço de diesel**

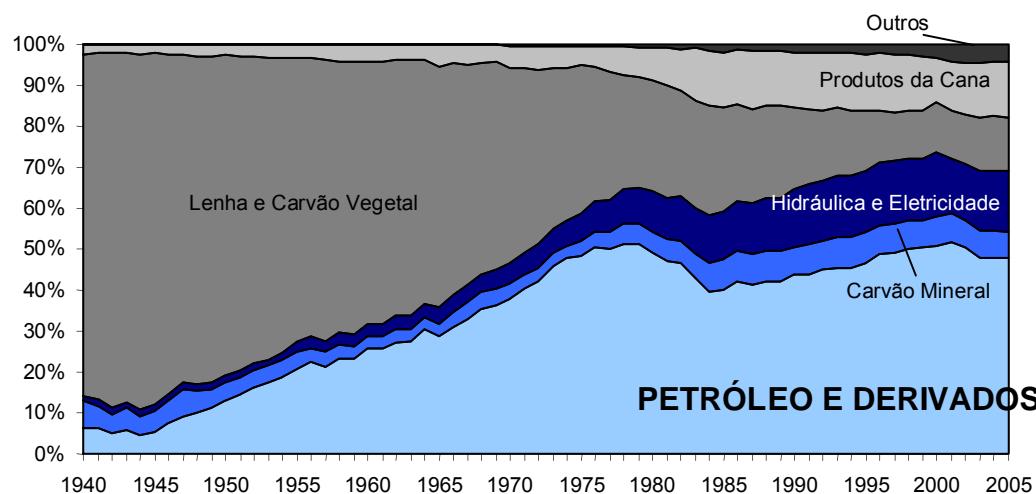
Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se perceber como o preço de diesel é altamente controlado, sendo reajustado poucas vezes ao longo do ano. Em 2004, apesar da alta dos preços internacionais de petróleo, a Petrobras segurou o preço doméstico para evitar grandes elevações nas taxas de inflação. A estatal, ao contrário dos outros agentes, pode segurar a alta gerando receita pela exportação de óleo cru e pela venda de derivativos a preços mais elevados para agentes locais (BIODIESELBR, 2006).

Para poder projetar o que deve acontecer com os preços do diesel nacional nos próximos 10 anos, deve-se primeiro estimar o que acontecerá com o preço do petróleo em Reais. Será necessário então projetar o preço do petróleo em US\$ e a cotação do Real frente ao dólar norte-americano. Nota-se que quanto mais caro for o barril de petróleo em Reais, maior deverá ser o preço do diesel nacional e assim a receita de biodiesel também será maior.

#### 4.3.1.1 Petróleo

O petróleo é uma commodity com grande importância mundial. No exemplo do Brasil, o petróleo e derivados representaram 48% da matriz energética em 2005, como pode ser visto no gráfico abaixo.



**Figura 22 – Evolução da matriz energética brasileira**

Fonte: MME (2006)

Esta inserção na matriz energética faz com que a demanda por este produto seja bastante elevada. Somado a isto está o fato de a oferta principal desta commodity provir da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), cartel que controla preços e volume de produção do petróleo advindo de seus países membros, estabelecendo assim pressões no mercado.

A instabilidade geopolítica na área dos principais países produtores de petróleo, leia-se Oriente Médio, também contribui para que o preço desta commodity seja bastante volátil. Desde janeiro de 2003, o preço do petróleo WTI variou entre US\$25 e US\$77 o barril, vide gráfico abaixo.



**Figura 23 – Evolução do preço histórico do petróleo em US\$**

Fonte: Bloomberg (2006)

Outro importante detalhe que pode ser percebido é a dificuldade da cotação do petróleo cair abaixo de US\$55/barril, o que não ocorre desde 17 de junho de 2005. Atualmente, a OPEP parece não querer que este piso seja quebrado, já que assim que o preço se aproximou deste patamar a organização decidiu cortar a cota de produção de seus países-membros em quase 5%.

Com base nestas informações, pode-se fazer uma previsão de que o barril de petróleo dificilmente ficará com um preço médio anual abaixo de U\$60/barril. Em comparação, o preço médio do barril de petróleo nos 12 meses findo em 27 de outubro de 2006 foi de US\$65,97. Sendo que qualquer distúrbio geopolítico ou fenômeno natural desastroso em locais estratégicos de produção de petróleo pode inflar a cotação deste produto, é a opinião deste autor que prever um preço médio anual de US\$60 o barril para a próxima década seja conservador. Este será o cenário base para a cotação de petróleo.

Para o cenário pessimista, levar-se-á em conta que o preço do petróleo atual está bastante superestimado devido principalmente a recentes intranquilidades geopolíticas. Com a ausência destes fatores e, conjuntamente, com a difusão de

produtos substitutos aos derivados de petróleo, como etanol e biodiesel, deverá haver uma maior estabilidade da demanda e oferta de petróleo. Assim, o preço do barril de petróleo no cenário pessimista para o biodiesel cairá anualmente US\$1 durante os próximos 10 anos, chegando a US\$50 no final deste período.

Já no caso otimista, será levado em consideração que: 1) dificilmente os conflitos geopolíticos e as catástrofes naturais cessarão, causando continuidade à instabilidade na oferta e 2) a demanda mundial de petróleo não parará de crescer. Assim, estima-se que o preço médio anual do petróleo crescerá linearmente de US\$60/barril para o recorde histórico de US\$77 o barril. O incremento anual será de US\$1,7/barril, conforme pode ser visto na tabela resumo abaixo.

**Tabela 21 – Evolução dos cenários para os preços futuros de petróleo (US\$/barril)**

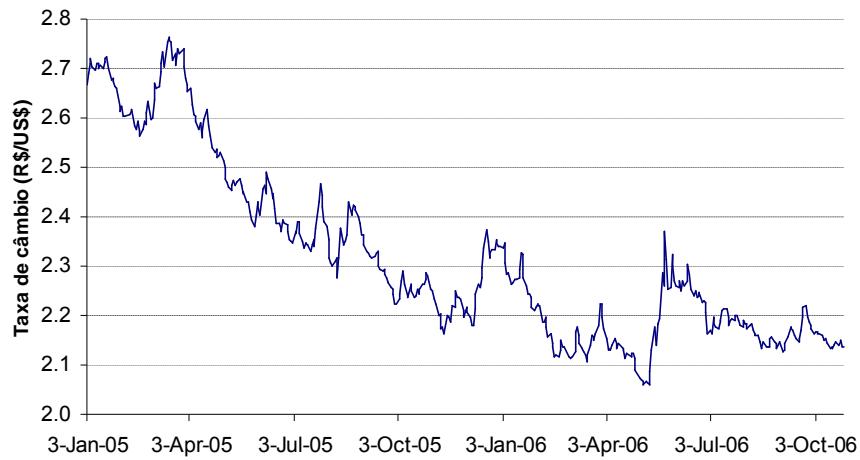
Cenário	Ano 1	Ano 2	Ano 3	...	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Base	60	60	60	...	60	60	60
Pessimista	59	58	57	...	52	51	50
Otimista	61.7	63.4	65.1	...	73.6	75.3	77

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.3.1.2 Taxa de câmbio

Em janeiro de 1999, o Real brasileiro passou a ser uma taxa de câmbio flutuante. Em outras palavras, o mercado passou a estipular a cotação justa e o governo deixou de manter um teto ou um piso para a moeda. Porém, o governo ainda utiliza instrumentos para influenciar o mercado cambial. Ultimamente, por exemplo, o BCB tem feito compras de dólares no mercado à vista para segurar a valorização do Real. Principalmente por causa disso, as reservas internacionais brasileiras estavam no alto patamar nacional de US\$77,4 bilhões em 27 de outubro de 2006, crescendo US\$10 bilhões em menos de 3 meses (BCB, 2006a).

Como pode-se perceber pelo gráfico abaixo, o BCB, apesar de não admitir publicamente, parece estar querendo manter a cotação do Real acima de R\$2,10/US\$.



**Figura 24 – Evolução do preço histórico da taxa de câmbio**

Fonte: BCB (2006)

Uma das explicações para a valorização do Real é a entrada de dólares no país devido ao superávit comercial, ou o saldo positivo entre as exportações e as importações. Porém, de acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC, 2006), o patamar atual da moeda tem incentivado mais as importações que as exportações brasileiras, o que faz com que o crescimento do superávit comercial seja menor. De fato, a expectativa de mercado é que a balança comercial tenha superávit de US\$38 bilhões em 2007, menor que os US\$44 bilhões esperados para 2006 (BCB, 2006a).

Outro fator que influencia a cotação do Real é a alta taxa de juros no país. Muitos investidores estrangeiros trazem seus dólares ao Brasil buscando um rendimento maior que o de outros países. Porém, a meta da Selic, taxa de juros básica brasileira, tem caído gradativamente desde setembro de 2005, de 19,75% ao ano para 13,75% ao ano (BCB, 2006a). O mercado espera que, ao final de 2007, a meta da taxa Selic esteja em um patamar ainda menor: 12% ao ano (BCB, 2006a).

Tendo em vista esse conjunto de fatores favoráveis a um câmbio mais desvalorizado, o cenário base estimará que o Real se desvalorizará 1% ao ano frente ao dólar norte-americano a partir da expectativa de mercado de um câmbio médio de

R\$2,18/US\$ em 2006 (BCB,2006a). Embora o mercado espere que em 2007 a cotação média do Real será de R\$2,25/US\$, o cenário base será mais conservador, chegando a este patamar apenas no terceiro ano de funcionamento da usina (2009). No décimo ano analisado, a cotação estará em R\$2,41/US\$.

No cenário otimista para o biodiesel, será utilizada a desvalorização de 3,2% em 2007 esperado pelo mercado, e após isso o Real perderá anualmente 1,5% de seu valor frente ao dólar, chegando a R\$2,57/US\$ no décimo ano. Maiores importações podem eventualmente fazer com que a balança comercial fique negativa, justificando uma maior desvalorização do Real.

Já no caso pessimista, o Real continuará a valorizar-se, apesar dos esforços do governo de evitar que isto aconteça. O superávit comercial neste cenário deverá continuar a crescer e a taxa de juros voltar a subir para manter o interesse de estrangeiros a investir no país. Assim, projeta-se que o Real valorizará anualmente 1% a partir da taxa média esperada em 2006 chegando a R\$1,97/US\$ no final do horizonte analisado.

**Tabela 22 – Evolução dos cenários para a taxa de câmbio (R\$/US\$)**

Cenário	Ano 1	Ano 2	Ano 3	...	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Base	2.20	2.22	2.25	...	2.36	2.38	2.41
Pessimista	2.16	2.14	2.12	...	2.01	1.99	1.97
Otimista	2.25	2.28	2.32	...	2.50	2.53	2.57

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.3.1.3 Previsão para preço do biodiesel

Estabelecidas as previsões para a cotação de petróleo WTI em dólar norte-americano e para a taxa de câmbio, consegue-se os cenários para o preço do barril de petróleo em Reais por multiplicação.

Para chegar ao preço de diesel praticado pelo produtor a partir do preço de petróleo em Reais, usou-se o gráfico X. Neste gráfico de dois eixos consegue-se, com um dado preço de petróleo, chegar a um preço aparentemente justo de diesel. Devido à estrutura da oferta deste combustível já explicado acima, nota-se que o preço “justo” nem sempre é seguido. Assim, o preço pode ser apenas estimado pelo gráfico. Traduzindo o gráfico em fórmula, consegue-se a seguinte equação:

$$\text{Preço do diesel} = 0,00727 \cdot (\text{Preço do petróleo em Reais}) + 0,29 \quad (6)$$

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na fórmula acima, o seguinte gráfico foi construído

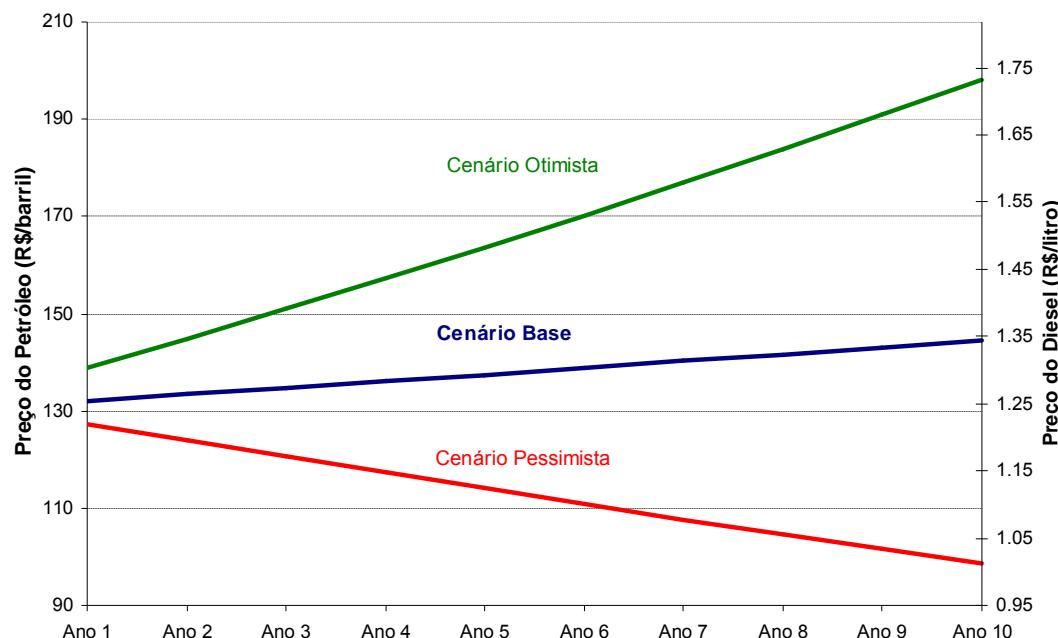


Figura 25 – Evolução dos cenários para o preço do diesel

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que a estimativa é que o preço de venda de biodiesel pelo produtor seja idêntico ao preço de venda do diesel, e que o preço do diesel calculado ainda conta com alguns tributos explicados mais adiante.

#### 4.3.2 Preço da glicerina

A glicerina é o sub-produto advindo da produção de biodiesel e, com o objetivo de aumentar a receita da usina, deverá ser comercializada. Este sub-produto tem centenas de usos e as aplicações principais hoje são (BIODIESELBR, 2006):

- Síntese de resinas, ésteres 18%
- Aplicações farmacêuticas 7%
- Uso em cosméticos 40%
- Uso alimentício 24%
- Outros 11%

Os excedentes de glicerina derivada do biodiesel poderão levar a grandes reduções no preço deste produto. Na Europa, por exemplo, o aumento da produção de biodiesel para atingir apenas alguns pontos porcentuais do diesel cobriria grande parte da demanda atual por glicerina (BIODIESELBR, 2006). Devido a este súbito aumento de oferta de glicerina, os preços históricos não devem ser utilizados para estimar as cotações futuras deste produto.

Atualmente, a glicerina pode ser vendida por R\$1.000 a tonelada (VECCHIO, 2006), ou aproximadamente US\$465/ton. Há estimativas de que, em 10 anos, o preço deste sub-produto despencará para aproximadamente US\$300/ton (MARQUES, 2006). O cenário base utilizado será então o de uma queda linear de US\$16,5/ton por ano, chegando ao piso acima no final de uma década.

O cenário pessimista estipulará uma queda anual ainda maior, de US\$21,5/ton, levando a um preço final de US\$250/ton. Já para o cenário otimista, deve se levar em conta que as atuais buscas para novas aplicações para a glicerina poderão dar resultados. Porém, isto não deve acontecer a curto prazo, e o preço no final de 10 anos ficará em US\$350/ton com uma queda anual de US\$11,5/ton.

Com as previsões feitas sobre a taxa de câmbio, consegue-se obter os preços de glicerina em Reais, conforme abaixo.

**Tabela 23 – Evolução dos cenários para o preço da glicerina (R\$/ton)**

Cenário	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Base	987.5	960.7	933.2	905.1	876.4
Pessimista	957.2	901.7	847.2	793.7	741.2
Otimista	1020.4	1009.4	997.9	985.8	973.1
Cenário	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Base	847.0	816.9	786.1	754.6	722.4
Pessimista	689.6	639.0	589.4	540.7	492.9
Otimista	959.9	946.0	931.4	916.3	900.4

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.3.3 Estimativa da receita

A receita da empresa é o que é recebido após a venda dos produtos serem feitas. A receita também pode ser definida como o preço de venda multiplicado pela quantidade vendida. Neste trabalho, será suposto que tudo que é produzido será vendido, e os preços serão aqueles já estipulados nos diferentes cenários.

Como foi mostrado no balanço de massa da reação de transesterificação, a cada tonelada de biodiesel produzido, 95,3kg de glicerina surge como sub-produto. Adicionalmente, levando-se em conta que o preço de diesel praticado pelo produtor em 22/10/2006 (sem ICMS) foi de R\$1,366/litro, ou R\$1,552/kg, e que o preço da glicerina é de aproximadamente R\$1/kg, a receita de uma usina de biodiesel por 1.000 kg de biodiesel produzido é atualmente:

**Tabela 24 – Receita total de uma usina produtora de biodiesel**

	R\$/ton biodiesel
Biodiesel (1.000 kg)	1552,2
Glicerina (95,3 kg)	95,3
<b>TOTAL</b>	<b>1647,5</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

O valor acima pode ser considerado como a receita bruta de biodiesel descontado o ICMS. Porém, há outros impostos incidentes que devem ser subtraídos da receita para se obter a receita líquida. De acordo com a Receita Federal (2006), a receita líquida é a receita bruta diminuída:

- das devoluções e vendas canceladas;
- dos descontos concedidos incondicionalmente;
- dos impostos e contribuições incidentes sobre vendas.

Assumindo que não haja vendas devolvidas ou canceladas e que nenhum desconto seja concedido, deve-se avaliar os impostos para chegar à receita líquida.

#### 4.3.3.1 Impostos incidentes sobre vendas

Há dois tipos de impostos que incidem sobre vendas, os federais (IPI, PIS/PASEP e COFINS) e o estadual (ICMS).

A regra geral de incidência dos impostos federais sobre a venda de biodiesel está a seguir (PORTAL DO BIODIESEL, 2006):

- Há isenção completa do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI);
- O PIS/PASEP e o COFINS incidem sobre a receita resultante da venda de biodiesel à alíquota de R\$0,039/litro e R\$0,179/litro, respectivamente.

Assim, o total de tributos federais equivale a, no máximo R\$0,218/litro. O Governo Federal concede incentivos tributários aos produtores que beneficiam o desenvolvimento social de alguma forma. Assim, tem-se a seguinte tabela de impostos para a produção de biodiesel. Note que os impostos federais do biodiesel são no máximo equivalentes ao do óleo diesel.

**Tabela 25 – Incidência de impostos federais no biodiesel**

<b>Biodiesel</b>					
	Agricultura familiar no Norte, Nordeste e semi-árido com mamona ou palma	Agricultura familiar geral	Agricultura intensiva no Norte, Nordeste e semi-árido com mamona ou palma	Regra geral	Diesel de Petróleo
<b>Imposto</b>	<b>R\$/litro</b>				
CIDE	-	-	-	-	0,07
PIS/COFINS	100% de redução (R\$0,0)	68% de redução (R\$0,07)	30,5% de redução (R\$0,151)	0,218	0,148
Somatório dos tributos federais	100% de redução (R\$0,0)	68% de redução (R\$0,07)	30,5% de redução (R\$0,151)	0,218	0,218

Fonte: Portal do Biodiesel (2006)

Como o plantio de pinhão manso ainda não é significativo no Brasil, espera-se que o único modo de a oferta desta matéria-prima crescer suficientemente rápido para abastecer a indústria de biodiesel é com agricultura intensiva. Nota-se que, por enquanto, ainda não há desoneração tributária para o biodiesel de pinhão manso, apesar de esta planta ser parecida com a mamona em termos de possibilidade de inclusão social no semi-árido. Portanto, utilizar-se-á a regra geral de tributação neste trabalho: R\$0,218/litro de biodiesel vendido.

O ICMS já foi descontado do preço do biodiesel e, portanto, não será avaliado aqui.

#### 4.3.3.2 Receita líquida

Para obter a receita líquida, deve-se então subtrair R\$0,218 por litro de biodiesel vendido, ou R\$0,248/kg, da receita bruta sem ICMS obtida acima. O resultado está mostrado a seguir.

**Tabela 26 – Receita líquida de uma usina produtora de biodiesel**

	<b>R\$/ton biodiesel</b>
Receita bruta (sem ICMS)	1.647,5
PIS+COFINS	-247,7
<i>Receita líquida</i>	<b>1.399,8</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Note que o preço de venda atual de biodiesel pelo produtor, subtraído todos os impostos incidentes sobre a venda, fica em R\$1,148/litro. Já o custo de produção de biodiesel fica consideravelmente menor, especialmente quando a receita de glicerina (R\$0,084 por litro de biodiesel vendido) é descontada deste custo, este fica em R\$0,937/litro. O lucro operacional fica em R\$0,211/litro, e a margem operacional, ou lucro operacional dividido pela receita líquida, em 18,4%.

## 4.4 Tributação

Além dos impostos já discutidos que incidem sobre a receita obtida da venda de biodiesel, há ainda outros tributos que incidem sobre o lucro da empresa.

### 4.4.1 Imposto de renda

Segundo a receita federal, a alíquota do imposto de renda (IR) em vigor desde 1996 é a seguinte:

- “15% (quinze por cento) sobre o lucro real, presumido ou arbitrado apurado pelas pessoas jurídicas em geral, seja comercial ou civil o seu objeto” (RECEITA FEDERAL, 2006, p.1)

Há ainda a incidência do adicional caso o lucro exceder R\$240 mil por ano. A parcela do lucro que exceder este valor sujeita-se à incidência de 10%.

#### *4.4.2 Contribuição Social sobre o Lucro Líquido*

A Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) incide sobre o lucro da empresa da mesma forma que o IR, sendo a única diferença a alíquota de 9% (RECEITA FEDERAL, 2006). Assim, a incidência total de impostos é de 24% sobre o lucro anual da empresa mais 10% sobre o lucro que exceder R\$240 mil.

## 5 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS PARA CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

As necessidades para aplicar os dois métodos de viabilidade econômica já explicados são calcular a taxa de desconto do projeto e o fluxo de caixa anual em cada cenário.

### 5.1 Taxa de desconto

A taxa de desconto, já apresentada anteriormente, pode ser definida como o custo de capital investido no projeto. O capital a ser utilizado pode ser uma mistura de dívida (capital de terceiros) e patrimônio líquido (capital próprio) que possibilite proporcionar o menor custo de capital. Para calcular o melhor custo de capital, deve-se primeiro analisar o custo da dívida e o custo de oportunidade de capital próprio.

#### 5.1.1 Custo da dívida

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) apoia investimentos em todas as fases da produção de biodiesel: fase agrícola, produção de óleo bruto, produção de biodiesel, armazenamento, logística e equipamentos para a produção de biodiesel (BNDES, 2006). Por ser um banco que visa promover o desenvolvimento econômico e social, consegue-se obter um custo de dívida menor que em qualquer outra instituição financeira no Brasil.

O BNDES concede melhores condições de financiamento para produtores de biodiesel que contam com o selo Combustível Social. Segundo o Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA), apenas os produtores que seguem as seguintes diretrizes são capazes de obter este selo:

- Comprem matéria-prima da agricultura familiar em percentual mínimo de:
  - 50% região Nordeste e Semi-árido;
  - 10% região Norte e Centro Oeste e,
  - 30% região Sudeste e Sul.

- Façam contratos negociados com os agricultores familiares, constando, pelo menos:

- O prazo contratual;
- O valor de compra e critérios de reajuste do preço contratado;
- As condições de entrega da matéria-prima;
- As salvaguardas de cada parte e,
- Identificação e concordância de uma representação dos agricultores que participou das negociações.

- Assegurem assistência e capacitação técnica aos agricultores familiares. (MDA, 2006, p. 1)

Como já foi explicado, não se espera conseguir comprar quantidade considerável de pinhão manso a partir de agricultores familiares, fazendo com que o selo Combustível Social não seja concedido neste caso.

Assim, o BNDES pode participar em até 80% dos itens passíveis de apoio a um custo da Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) + 3% ao ano. Abaixo temos a trajetória da TJLP em 2006. Nota-se que houve redução drástica para 6,85% ao ano que vigorará até no mínimo dezembro deste ano.

**Tabela 27 – Evolução da Taxa de Juros de Longo Prazo em 2006**

<b>2006</b>	<b>TJLP (a.a.)</b>
Janeiro a março	9%
Abril a junho	8.15%
Julho a setembro	7.50%
Outubro a dezembro	6.85%
<b>Média</b>	<b>7.9%</b>

Fonte: BNDES (2006)

Para os próximos 10 anos, utilizar-se-á a média da TJLP em 2006, de 7,9% ao ano. Acrescidos de 3 pontos porcentuais, o custo da dívida ficará em 10,9% ao ano.

### *5.1.2 Custo de capital próprio*

O custo de capital próprio pode ser definido como sendo o custo de oportunidade para o investidor. O custo de oportunidade é o retorno que o investidor poderia receber

caso não tivesse investido no projeto, muitas vezes determinado como sendo a taxa de juros vigente no país. O Relatório de Mercado de 27 de outubro de 2006 mostra que é esperado uma taxa Selic média para 2007 de 12,81%. Estimaremos como sendo este o custo de oportunidade para o investidor durante os próximos 10 anos.

### 5.1.3 Custo médio ponderado de capital

Para calcular a CMPC, deve-se primeiro saber qual será a estrutura de capital utilizada no projeto. Como o custo da dívida é menor que o custo de capital próprio, para diminuir o custo de capital deve-se fazer uso de todo o endividamento permitido pelo BNDES: 80% do capital total. O CMPC, pela equação 4.5, é apresentado a seguir:

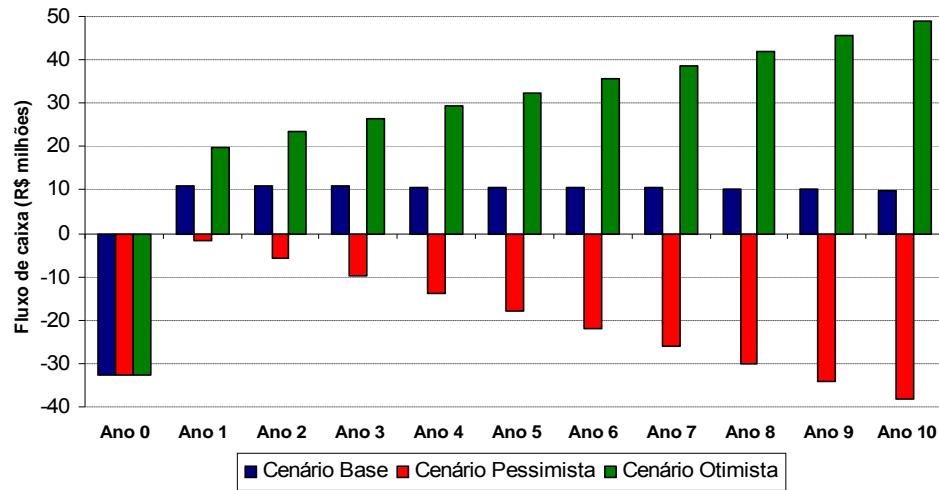
$$\text{CMPC} = 80\% * 10,90\% + 20\% * 12,81\% = 11,28\%$$

Assim, a taxa de desconto a ser utilizada no método VPL é de 11,28% a.a.

## 5.2 Fluxo de caixa

Para calcular o fluxo de caixa para os três cenários, deve-se consolidar todas as informações e hipóteses utilizadas durante o capítulo 4. As tabelas consolidadas estão nos Apêndices A até F.

Abaixo encontra-se a evolução do fluxo de caixa de todos os cenários.



**Figura 26 – Evolução dos cenários para o fluxo de caixa**

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme se percebe, em todos os cenários faz-se o mesmo investimento no projeto no ano 0 de R\$32,5 milhões, gastos na instalação da usina. A partir do ano 1 é que as diferentes hipóteses abordadas surgem efeito no fluxo de caixa. Para o cenário base, pode-se perceber que há fluxo de caixa positivo de pouco mais de R\$10 milhões em todos os anos. Com o passar do tempo, uma pequena degradação da geração de caixa acontece, devido principalmente ao aumento dos custos atrelados à inflação e à piora do preço da glicerina.

No cenário otimista, o fato do preço hipotético do biodiesel aumentar em velocidade maior que os custos de produção garante um fluxo de caixa maior a cada ano. Já no cenário pessimista, com os custos crescendo enquanto o preço de biodiesel cai, o fluxo de caixa fica sempre negativo e piora anualmente.

Calculados os fluxos de caixa para os três cenários, consegue-se finalmente avaliar a viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir de pinhão manso utilizando os métodos de VPL e TIR.

### 5.3 VPL

Relembrando da seção acima, o método do valor presente líquido nada mais é do que a somatória dos fluxos de caixa anuais descontados a uma taxa de desconto. A taxa de desconto calculada, sendo esta o custo médio ponderado de capital, é de 11,28%. Os fluxos de caixa anuais descontados podem ser encontrados nos Apêndices A até F. O resultado pode ser visto a seguir.

**Tabela 28 – Resultado do valor presente líquido para os diferentes cenários**

<b>VPL (R\$ milhões)</b>	
Cenário Base	29,0
Cenário Pessimista	-128,3
Cenário Otimista	150,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que no cenário base o VPL ficou em R\$29,0 milhões, um resultado consideravelmente alto e acima de zero. Isto indica que o projeto é viável do ponto de vista econômico quando a taxa de desconto de 11,28% é usada.

Para o cenário pessimista e otimista, os resultados ficaram bastante díspares. O resultado pessimista indicou uma inviabilidade econômica altíssima, o que mostra uma certa preocupação com os riscos negativos ao sucesso econômico do projeto. Já no caso otimista, o VPL ficou quase 5 vezes o valor do investimento inicial, o que indicaria um sucesso financeiro estrondoso do projeto.

## 5.4 TIR

A taxa interna de retorno é a taxa que leva o VPL a zero. A função TIR do programa *Microsoft Excel* devolve esta taxa selecionando-se os fluxos de caixa correspondentes. Os resultados estão a seguir.

**Tabela 29 – Resultado da taxa interna de retorno para os diferentes cenários**

<b>TIR</b>	
Cenário Base	31%
Cenário Pessimista	não existe
Cenário Otimista	74%

Fonte: Elaborado pelo autor

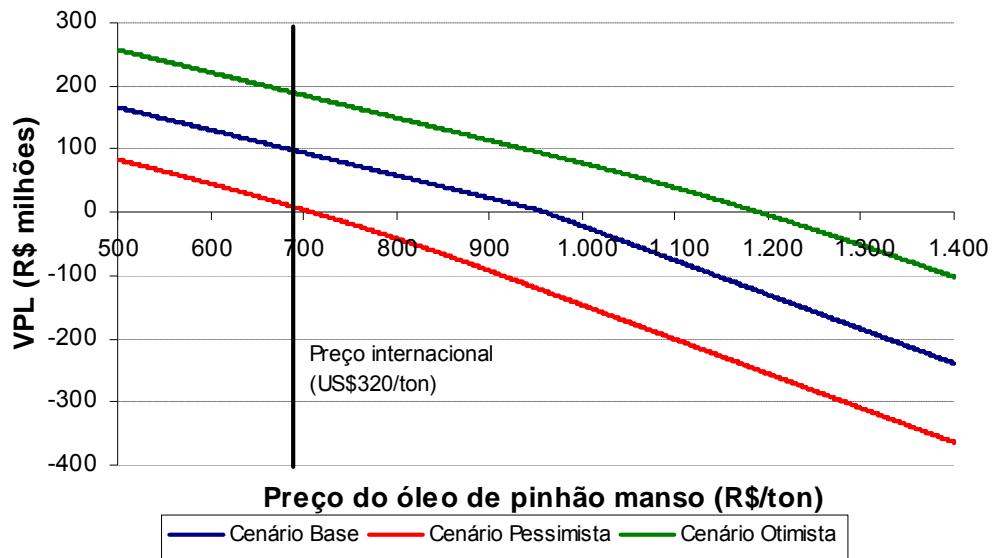
O cenário base tem uma TIR atrativa de 31%, superando com folga a taxa mínima de atratividade de 11,28% e confirmando sua viabilidade econômica. Nota-se que a TIR não pôde ser calculada no caso pessimista. Isso é devido ao fato de os fluxos de caixa de todos os anos deste cenário ficarem negativos, sendo impossível ter então uma taxa de retorno que deixe o VPL equivalente a zero.

## 5.5 Análise de sensibilidade

Uma das principais razões que explica esta grande diferença entre cada cenário é a variabilidade do preço do óleo de pinhão manso. Esta matéria-prima representa a grande maioria do custo de produção de biodiesel, sendo responsável, no caso do cenário base, por aproximadamente 70% de todos os custos, ou R\$0,74 por litro de biodiesel produzido.

Para avaliar o impacto que o preço do óleo de pinhão manso pode ter no VPL, será realizada uma análise de sensibilidade ou seja, o preço do óleo será alterado mantendo os demais parâmetros constantes para assim perceber o que este preço provoca nos resultados.

O preço do óleo foi variado de R\$500/ton para R\$1.400/ton em cada cenário, registrando-se o VPL resultante em cada situação. Note que o preço do óleo muda para os 10 anos analisados conjuntamente, sempre deixando o mesmo preço durante todo o horizonte de vida útil da fábrica. Como o óleo de pinhão manso é insumo, quanto maior for o seu preço, menor será a viabilidade econômica, o que é demonstrado na figura a seguir.



**Figura 27 – Análise de sensibilidade do óleo de pinhão manso sobre o VPL**

Fonte: Elaborado pelo autor

Com esta análise de sensibilidade, é possível identificar a qual preço máximo de óleo cada cenário torna-se rentável. Note que o cenário pessimista é o único com preço estimado acima do preço máximo para o VPL ser positivo, fazendo com que seja inviável economicamente.

**Tabela 30 – Preço máximo do óleo de pinhão manso para garantir viabilidade econômica do projeto**

	Preço Estimado (R\$/ton)	Preço máximo para VPL>0 (R\$/ton)
Cenário Base	882	959
Cenário Pessimista	966	709
Cenário Otimista	798	1190

Fonte: Elaborado pelo autor

A falta de um mercado considerável de óleo de pinhão manso no Brasil faz a previsão de seu preço ser mais difícil, o que coloca em risco parte da credibilidade do estudo de viabilidade econômica feito neste trabalho. Porém, com esta importante análise de sensibilidade, encontrou-se o limite de preço para que a produção de biodiesel seja viável. Um ponto que merece destaque é a sensibilidade do VPL em relação ao preço de óleo de pinhão manso. Para o cenário base, por exemplo, quando

o VPL está acima de zero, uma queda de R\$1/ton no valor do óleo significa um incremento de quase R\$360 mil no VPL.

Outra descoberta importante conseguida com esta análise é o preço máximo do óleo para que até o cenário pessimista seja rentável: R\$711/ton. Embora este valor seja menor que aquele estipulado inclusive no cenário otimista, ele está maior que o preço do óleo no mercado internacional mostrado acima de US\$320/ton, ou o equivalente a R\$688/ton na taxa de câmbio atual.

## 6 CONCLUSÕES

A partir do que foi visto, o Capítulo 5 apresentou os resultados obtidos pelos métodos do VPL e da TIR para se determinar a viabilidade econômica de um projeto de investimento para a produção de biodiesel. Foram apresentados três cenários para tentar incluir diferentes possibilidades do que poderá acontecer no horizonte de vida útil do investimento, cada qual com diversos dados e premissas explicados ao longo deste estudo. Este Capítulo discute as conclusões finais interpretadas pelo autor de acordo com os resultados obtidos, inclusive com recomendações para futuros trabalhos com tema parecido.

### 6.1 Resultados Obtidos

Os resultados obtidos comprovaram uma rentabilidade financeira positiva em 2 dos 3 cenários.

**Tabela 31 – Quadro resumo dos resultados obtidos para os diferentes cenários**

	VPL (R\$ milhões)	TIR
Cenário Base	29,0	31%
Cenário Pessimista	128,3	-
Cenário Otimista	150,2	74%

Fonte: Elaborado pelo autor

O cenário base, o qual o autor acredita que tem maior probabilidade de ocorrer, apresentou viabilidade econômica com folga. A taxa interna de retorno (TIR) ficou em 31%, bem acima da taxa mínima de atratividade (TMA) de 11,28%.

Embora os resultados obtidos comprovam a viabilidade econômica do projeto, estes são função de diversas hipóteses adotadas ao longo do trabalho que serviram como dados de entrada. Apesar das hipóteses tenderem um pouco mais ao lado conservador e tentarem ser justificadas com embasamento teórico e comparação com

expectativas de mercado, a probabilidade de erro ainda é grande, principalmente devido à necessidade de se prever dados para 10 anos à frente.

A análise de sensibilidade realizada no Capítulo 5 pôde dar um pouco mais de segurança à veracidade do trabalho. Mesmo com as hipóteses adotadas no cenário pessimista, viu-se que, caso o preço do óleo de pinhão manso no Brasil seja equivalente ao de um preço justo do mesmo produto no mercado internacional, haverá viabilidade econômica. Porém, a análise de sensibilidade também mostrou que com uma pequena mudança no valor deste óleo, o VPL pode sofrer alterações significativas e a viabilidade econômica do projeto pode ser colocada em risco.

## 6.2 Conclusão Final

A partir dos resultados conseguidos através dos três cenários elaborados neste trabalho, pode-se apresentar uma conclusão final. A produção de biodiesel no Brasil a partir do óleo extraído de sementes de pinhão manso é com alta probabilidade econometricamente viável, apresentando taxa de retorno atrativa.

Portanto, é a opinião do autor deste trabalho que o Brasil deveria avançar em suas pesquisas no pinhão manso com maior rapidez devido às diversas vantagens desta planta exploradas neste trabalho.

## 6.3 Sugestões para Futuros Trabalhos

Ao longo da realização deste estudo, algumas idéias surgiram que não foram incluídas neste trabalho. A indústria de biodiesel é bastante complexa e possibilita o aprofundamento em diversos temas que, na opinião do autor, fugiriam do foco principal deste trabalho de formatura. Assim, segue algumas sugestões para futuros trabalhos relacionados à análise da viabilidade econômica da produção de biodiesel.

Primeiramente, uma análise da cadeia produtiva completa do biodiesel pode ser feita. Neste estudo, a análise foi restringida à esfera industrial da produção de biodiesel, comprando-se o óleo vegetal e vendendo-se biodiesel. Pode-se analisar a indústria do biodiesel a partir da esfera agroindustrial, analisando o benefício do produtor das oleaginosas e da indústria de óleos vegetais. O produtor de biodiesel poderia inclusive cultivar as plantas adequadas e extrair seu óleo. Embora isto exija um investimento inicial maior, é provável que se consiga assim um menor custo de produção biodiesel.

Outra sugestão seria a de analisar mais minuciosamente as necessidades de financiamento e outros custos incorridos. Neste trabalho, foram ignoradas as necessidades de capital de giro, por exemplo, para simplificação. Todos os complicados custos logísticos envolvidos na produção e distribuição de biodiesel também não foram abordados.

A análise em âmbito econômico poderia ser complementada com estudos em outras áreas, como a técnica e a social. A área técnica seria adequada para avaliar, como exemplo, se há algum gargalo na produção e tentar aumentar a produtividade da planta para baixar custos. A social poderia analisar o número de empregos e a capacidade de distribuição de renda que a produção de biodiesel iria proporcionar.

Os créditos de carbono também foram desprezados neste trabalho. A produção de biodiesel gera créditos de carbono que podem adicionar eventuais receitas à empresa. A negociação destes contratos deveria então facilitar a viabilidade econômica da produção de biodiesel.

A última sugestão é em relação a tributos. Caso um certo estudo apresenta-se inviável economicamente, pode-se analisar quanta desoneração da alta carga tributária seria necessário para que a produção poder ficar viável. Pode-se também fazer análises indicando quanto da receita da empresa produtora de biodiesel é utilizada para financiar o Estado brasileiro e comparar com outras nações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F.R. Utilization of metal complexes as catalysts in the transesterification of Brazilian vegetable oils with different alcohols. *J. Mol. Catal. A Chem.*, 2004.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Capacidade autorizada de plantas de produção de biodiesel.** Disponível em: [http://www.anp.gov.br/petro/capacidade\\_plantas.asp](http://www.anp.gov.br/petro/capacidade_plantas.asp). Acesso em: 15 set. 2006a.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Levantamento de preços.** Disponível em: [http://www.anp.gov.br/petro/capacidade\\_plantas.asp](http://www.anp.gov.br/petro/capacidade_plantas.asp). Acesso em: 15 set. 2006<sup>a</sup>
- ARANDA, D. **Biodiesel:** Matérias-Primas, Tecnologias e Especificações. FIESP, apresentação. 2005.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de Mercado.** Disponível em: <http://www4.bcb.gov.br/pec//GCI/PORT/readout/R20061027.pdf>. Acesso em: 30 out. 2006.
- BIODIESELBR. **O verdadeiro portal do biodiesel.** Disponível em: <http://www.biodeselbr.com.br>. Acesso em: 4 jul. 2006.
- BLOOMBERG. **Bloomberg Anywhere.** Disponível em: <https://bba.bloomberg.net/>. Acesso em: 2 nov. 2006.
- BNDES. **BNDES:** programa de apoio financeiro a investimentos em biodiesel. Disponível em: <http://www.bnDES.gov.br/programas/infra/biodiesel.asp>. Acesso em: 05 jun. 2006a.
- BNDES. **TJLP:** Taxa de Juros de Longo Prazo. Disponível em: <http://www.bnDES.gov.br/produtos/custos/juros/tjlp.asp>. Acesso em: 05 out. 2006b.
- BRIGHAM, E. F.; GAPENSKI, L. C.; EHRHARDT, M. C. **Financial Management: theory and practice.** 9. ed. The Dryden Press, 1999.
- CEPEA. **Álcool anidro combustível semanal.** Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/indicador/alcool/page2.php>. Acesso em: 25 out. 2006.
- DAMODARAN, Aswath. **Avaliação de investimentos:** ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo. 1<sup>a</sup> ed., 8<sup>a</sup> reimpr. Qualitymark Ed., 1997.
- DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Resolução nº 42.** Disponível em: [http://www.biodesel.gov.br/docs/Resolucao\\_42.pdf](http://www.biodesel.gov.br/docs/Resolucao_42.pdf). 24 nov. 2004.

- DORNELLES, R. **Programa nacional de produção e uso do biodiesel.** Apresentação. 18 mai. 2006.
- EMBRAPA. **Matérias-primas para produção do biodiesel:** priorizando alternativas. Apresentação. Disponível em: [http://www.embrapa.br/a\\_embrapa/unidades\\_centrais/gpr/publicacoes/institucional/PalestraDiretoPresidenteProducaoBiodiesel.pdf](http://www.embrapa.br/a_embrapa/unidades_centrais/gpr/publicacoes/institucional/PalestraDiretoPresidenteProducaoBiodiesel.pdf). Agosto 2005.
- EMBRAPA. **Portfólio - Produtos – Dendê.** Disponível em: <http://www.cpaa.embrapa.br/portfolio/produto/dende/dende.htm>. Acesso: 5 de ago. 2006a.
- EMBRAPA. **Mamona.** Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/index.html>. Acesso: 14 ago. 2006b.
- ECOWORLD. **Jatropha in Africa.** Disponível em: <http://www.ecoworld.com/home/articles2.cfm?tid=367>. Acesso em 15 ago 2006.
- F.O. LICHT. **F.O. Licht's world ethanol & biofuels report.** Disponível em: <http://www.agra-net.com/portal/home.jsp?pagetitle=showad&pubId=ag072>. Acesso em: 14 jun. 2006.
- GITMAN, Larence J. **Princípios da administração financeira.** 7. ed. Habra, 2002.
- IBGE. **Produção agrícola municipal:** culturas temporárias e permanentes em 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 5 ago. 2006.
- JATROPHA WORLD. **Jatropha World.** Disponível em: <http://www.jatrophaworld.com>. Acesso em: 4 ago. 2006.
- JBIC. **Estudos prospectivos para fomento dos biocombustíveis no Brasil.** Brasília, 2006.
- MACEDO, I. C. **Avaliação do biodiesel no Brasil.** Brasília, Distrito Federal. Jul. 2004.
- MARQUES, JAMIL S. **Análise da viabilidade econômica da produção de biodiesel.** São Paulo, 2006.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Sumário executivo – soja.** Agosto 2006. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/MENU\\_LATERAL/AGRICULTURA\\_PECUARIA/COMERCIALIZACAO\\_AGRICOLA/ISOJA-WEB.XLS](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/MENU_LATERAL/AGRICULTURA_PECUARIA/COMERCIALIZACAO_AGRICOLA/ISOJA-WEB.XLS). Acesso em: 2 set. 2006.

- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço energético nacional 2006:** ano base 2005. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=1432&pageId=10780](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=10780). Acesso em: 27 set. 2006
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Selo Combustível Social.** Disponível em: <http://www.mda.gov.br/saf/index.php?sccid=362>. Acesso em: 26 set 2006.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Anuário estatístico dos Transportes.** Disponível em: <http://www.geipot.gov.br/anuario2001/index.htm>. 2001.
- NAPPO, M. **Competitividade econômica do biodiesel no Brasil.** Disponível em [wwwaea.org.br](http://wwwaea.org.br). Acesso em: 30 mar. 2006.
- OLIVÉRIO, J. O. **Implantação das usinas de biodiesel.** FIESP, apresentação. Abril 2005.
- PALEPU, K. G.; BERNARD, V. L.; HEALY, P. M. **Introduction to business analysis & valuation.** South-Western College, 1997.
- PARENTE, E. J. S. **Biodiesel:** uma aventura tecnológica num país engraçado. 2003. Fortaleza, Tecbio, 2003.
- PINHÃO MANSO. **Pinhão manso.** Disponível em: <http://www.pinhaomanso.com.br>. Acesso em: 4 jul. 2006.
- PORTAL DO BIODIESEL. **Programa nacional de produção e uso do biodiesel.** Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br>. Acesso em 17 abr. 2006a.
- PORTAL DO BIODIESEL. **Emprego de complexos de Ti e Zr como catalisadores na transesterificação de óleo de soja e metanol.** Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br>. Acesso em 17 abr. 2006b.
- PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O. A. Pinhão manso. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7p.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 11.097.** Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil/\\_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm). Acesso em 3 mar. 2006.
- SALLES, M. C. **Identificação dos gargalos e estabelecimentos de um plano de ação para o sucesso do programa brasileiro de biodiesel.** São Paulo, 2005.
- TECBIO. **Biodiesel.** Disponível em: [www.tecbio.com.br](http://www.tecbio.com.br). Acesso em: 4 abr. 2006.

- VECCHIO, Ernesto del. Dedini: **Implantação de usinas de biodiesel**: necessidades de investimento. BNDES: seminário. Disponível em: [http://www.bnDES.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/s\\_biodiesel.asp](http://www.bnDES.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/s_biodiesel.asp). Acesso em: 7 de set. 2006.

## APÊNDICE A – Resultados do cenário base até Ano 5

Cenário Base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>OPERAÇÃO</b>					
Produção (ton)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Taxa de utilização prevista	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%
Produção (ton)	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000
<b>HIPÓTESES</b>					
<i>Dados Macroeconômicos</i>					
Taxa de inflação	4,2%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%
Taxa de câmbio (R\$/US\$)	2,20	2,22	2,25	2,27	2,29
Petróleo (US\$/barril)	60	60	60	60	60
<i>Matéria-Prima</i>					
Etanol (R\$/kg)	1,14	1,16	1,18	1,21	1,23
Óleo de pinhão manso (R\$/ton)	882	882	882	882	882
<i>Produtos</i>					
Glicerina (US\$/ton)	448,5	432,0	415,5	399,0	382,5
Biodiesel s/ tributos (R\$/litro)	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07
<b>CUSTOS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Custo total matéria-prima	1002,92	1006,10	1009,27	1012,45	1015,63
Custo do etanol (142,9 kg)	162,91	166,08	169,26	172,43	175,61
Custo do óleo (952,4 kg)	840,02	840,02	840,02	840,02	840,02
Custo total outros insumos	95,37	99,67	104,15	108,84	113,74
Utilidades	27,64	28,89	30,19	31,55	32,97
Produtos químicos	62,73	65,55	68,50	71,58	74,80
Mão-de-obra	5,00	5,23	5,46	5,71	5,96
Outras despesas	34,80	36,37	38,01	39,72	41,50
Reparo e Manutenção	11,67	12,20	12,74	13,32	13,92
Neutralização	23,13	24,17	25,26	26,40	27,59
<b>Custo Total</b>	1.133,10	1.142,13	1.151,43	1.161,00	1.170,86
<b>RECEITAS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Glicerina (95,3 kg)	94,11	91,55	88,94	86,26	83,52
Biodiesel (1.000 kg)	1.174,68	1.185,60	1.196,63	1.207,77	1.219,02
<b>Receita Líquida Total</b>	1.268,79	1.277,16	1.285,57	1.294,03	1.302,54
<b>RESULTADO ANUAL (R\$)</b>					
Receita Líquida Anual	124.341.709	125.161.252	125.985.562	126.814.655	127.648.543
(-) Custo Operacional Anual	111.043.786	111.929.072	112.840.190	113.778.306	114.744.632
<b>LAJIDA</b>	13.297.923	13.232.180	13.145.372	13.036.350	12.903.912
(-) Depreciação	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
<b>LAJIR</b>	10.097.923	10.032.180	9.945.372	9.836.350	9.703.912
(-) Juros (10,9% a.a.)	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000
<b>LAIR</b>	7.263.923	7.198.180	7.111.372	7.002.350	6.869.912
(-) IR + CSLL	2.445.734	2.423.381	2.393.866	2.356.799	2.311.770
<b>Lucro Líquido</b>	4.818.189	4.774.799	4.717.506	4.645.551	4.558.142
<b>INDICADORES</b>					
Custo de produção de biodiesel (R\$/l)	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03
Custo de produção de biodiesel - receita de glicerina (R\$/l)	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96
<b>FLUXO DE CAIXA ANUAL</b>					
FC (= LAJIDA - IR)	-32.500.000	10.852.189	10.808.799	10.751.506	10.679.551
Período (anos)	0	1	2	3	4
Taxa de desconto anual	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%
Fluxo de caixa descontado	-32.500.000	9.752.147	8.728.572	7.802.215	6.964.413
<b>VPL (R\$)</b>	<b>28.980.409</b>				
<b>TIR</b>	<b>31%</b>				

## APÊNDICE B – Resultados do cenário base até Ano 10

Cenário Base	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
<b>OPERAÇÃO</b>					
Produção (ton)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Taxa de utilização prevista	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%
Produção (ton)	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000
<b>HIPÓTESES</b>					
<i>Dados Macroeconômicos</i>					
Taxa de inflação	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%
Taxa de câmbio (R\$/US\$)	2,31	2,34	2,36	2,38	2,41
Petróleo (US\$/barril)	60	60	60	60	60
<i>Matéria-Prima</i>					
Etanol (R\$/kg)	1,25	1,27	1,30	1,32	1,34
Óleo de pinhão manso (R\$/ton)	882	882	882	882	882
<i>Produtos</i>					
Glicerina (US\$/ton)	366,0	349,5	333,0	316,5	300,0
Biodiesel s/ tributos (R\$/litro)	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12
<b>CUSTOS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
<i>Custo total matéria-prima</i>	1018,80	1021,98	1025,15	1028,33	1031,50
Custo do etanol (142,9 kg)	178,78	181,96	185,13	188,31	191,49
Custo do óleo (952,4 kg)	840,02	840,02	840,02	840,02	840,02
<i>Custo total outros insumos</i>	118,85	124,20	129,79	135,63	141,74
Utilidades	34,45	36,00	37,62	39,31	41,08
Produtos químicos	78,17	81,69	85,36	89,21	93,22
Mão-de-obra	6,23	6,51	6,81	7,11	7,43
<i>Outras despesas</i>	43,37	45,32	47,36	49,49	51,72
Reparo e Manutenção	14,54	15,20	15,88	16,60	17,34
Neutralização	28,83	30,12	31,48	32,90	34,38
<b>Custo Total</b>	1.181,02	1.191,50	1.202,30	1.213,45	1.224,96
<b>RECEITAS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Glicerina (95,3 kg)	80,72	77,85	74,91	71,91	68,85
Biodiesel (1.000 kg)	1.230,38	1.241,85	1.253,44	1.265,15	1.276,97
<b>Receita Líquida Total</b>	1.311,09	1.319,70	1.328,36	1.337,06	1.345,82
<b>RESULTADO ANUAL (R\$)</b>					
Receita Líquida Anual	128.487.240	129.330.757	130.179.107	131.032.303	131.890.358
(-) Custo Operacional Anual	115.740.438	116.767.052	117.825.859	118.918.308	120.045.913
<b>LAJIDA</b>	12.746.801	12.563.705	12.353.248	12.113.996	11.844.445
(-) Depreciação	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
<b>LAJIR</b>	9.546.801	9.363.705	9.153.248	8.913.996	8.644.445
(-) Juros (10,9% a.a.)	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000
<b>LAIR</b>	6.712.801	6.529.705	6.319.248	6.079.996	5.810.445
(-) IR + CSLL	2.258.352	2.196.100	2.124.544	2.043.198	1.951.551
<b>Lucro Líquido</b>	4.454.449	4.333.605	4.194.704	4.036.797	3.858.893
<b>INDICADORES</b>					
Custo de produção de biodiesel (R\$/l)	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08
Custo de produção de biodiesel - receita de glicerina (R\$/l)	0,97	0,98	0,99	1,00	1,02
<b>FLUXO DE CAIXA ANUAL</b>					
FC (= LAJIDA - IR)	10.592.142	10.488.449	10.367.605	10.228.704	10.070.797
Período (anos)	5	6	7	8	9
Taxa de desconto anual	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%
Fluxo de caixa descontado	6.207.235	5.523.426	4.906.351	4.349.944	3.848.662
<b>VPL (R\$)</b>	<b>28.980.409</b>				
<b>TIR</b>	<b>31%</b>				

## APÊNDICE C – Resultados do cenário pessimista até Ano 5

Cenário Pessimista	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>OPERAÇÃO</b>					
Produção (ton)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Taxa de utilização prevista	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%
Produção (ton)	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000
<b>HIPÓTESES</b>					
<i>Dados Macroeconômicos</i>					
Taxa de inflação	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
Taxa de câmbio (R\$/US\$)	2,16	2,14	2,12	2,09	2,07
Petróleo (US\$/barril)	59	58	57	56	55
<i>Matéria-Prima</i>					
Etanol (R\$/kg)	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
Óleo de pinhão manso (R\$/ton)	966	966	966	966	966
<i>Produtos</i>					
Glicerina (US\$/ton)	443,5	422,0	400,5	379,0	357,5
Biodiesel s/ tributos (R\$/litro)	1,00	0,97	0,95	0,93	0,90
<b>CUSTOS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
<i>Custo total matéria-prima</i>	1111,50	1111,50	1111,50	1111,50	1111,50
Custo do etanol (142,9 kg)	191,49	191,49	191,49	191,49	191,49
Custo do óleo (952,4 kg)	920,02	920,02	920,02	920,02	920,02
<i>Custo total outros insumos</i>	97,02	102,84	109,01	115,55	122,49
Utilidades	28,12	29,81	31,60	33,49	35,50
Produtos químicos	63,81	67,64	71,70	76,00	80,56
Mão-de-obra	5,09	5,39	5,72	6,06	6,42
<i>Outras despesas</i>	35,40	37,53	39,78	42,17	44,70
Reparo e Manutenção	11,87	12,58	13,34	14,14	14,99
Neutralização	23,53	24,94	26,44	28,03	29,71
<b>Custo Total</b>	1.243,93	1.251,88	1.260,30	1.269,23	1.278,69
<b>RECEITAS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Glicerina (95,3 kg)	91,22	85,93	80,73	75,64	70,63
Biodiesel (1.000 kg)	1.135,23	1.107,04	1.079,32	1.052,05	1.025,22
<b>Receita Líquida Total</b>	1.226,44	1.192,97	1.160,05	1.127,68	1.095,85
<b>RESULTADO ANUAL (R\$)</b>					
Receita Líquida Anual	120.191.447	116.911.141	113.685.234	110.512.966	107.393.586
(-) Custo Operacional Anual	121.905.160	122.683.823	123.509.207	124.384.113	125.311.514
<b>LAJIDA</b>	-1.713.713	-5.772.682	-9.823.973	-13.871.148	-17.917.928
(-) Depreciação	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
<b>LAJIR</b>	-4.913.713	-8.972.682	-13.023.973	-17.071.148	-21.117.928
(-) Juros (10,9% a.a.)	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000
<b>LAIR</b>	-7.747.713	-11.806.682	-15.857.973	-19.905.148	-23.951.928
(-) IR + CSLL	-	-	-	-	-
<b>Lucro Líquido</b>	-7.747.713	-11.806.682	-15.857.973	-19.905.148	-23.951.928
Custo de produção de biodiesel (R\$/l)	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13
Custo de produção de biodiesel - receita de glicerina (R\$/l)	1,01	1,03	1,04	1,05	1,06
<b>FLUXO DE CAIXA ANUAL</b>					
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>
FC (= LAJIDA - IR)	-32.500.000	-1.713.713	-5.772.682	-9.823.973	-13.871.148
Período (anos)	0	1	2	3	4
Taxa de desconto anual	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%
Fluxo de caixa descontado	-32.500.000	-1.540.001	-4.661.690	-7.129.118	-9.045.736
<b>VPL (R\$)</b>	<b>-128.273.097</b>				
<b>TIR</b>	#NUM!				

## APÊNDICE D – Resultados do cenário pessimista até Ano 10

Cenário Pessimista	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
<b>OPERAÇÃO</b>					
Produção (ton)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Taxa de utilização prevista	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%
Produção (ton)	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000
<b>HIPÓTESES</b>					
<i>Dados Macroeconômicos</i>					
Taxa de inflação	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
Taxa de câmbio (R\$/US\$)	2,05	2,03	2,01	1,99	1,97
Petróleo (US\$/barril)	54	53	52	51	50
<i>Matéria-Prima</i>					
Etanol (R\$/kg)	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
Óleo de pinhão manso (R\$/ton)	966	966	966	966	966
<i>Produtos</i>					
Glicerina (US\$/ton)	336,0	314,5	293,0	271,5	250,0
Biodiesel s/ tributos (R\$/litro)	0,88	0,86	0,83	0,81	0,79
<b>CUSTOS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
<i>Custo total matéria-prima</i>	1111,50	1111,50	1111,50	1111,50	1111,50
Custo do etanol (142,9 kg)	191,49	191,49	191,49	191,49	191,49
Custo do óleo (952,4 kg)	920,02	920,02	920,02	920,02	920,02
<i>Custo total outros insumos</i>	129,84	137,63	145,88	154,64	163,92
Utilidades	37,63	39,89	42,28	44,82	47,51
Produtos químicos	85,39	90,52	95,95	101,71	107,81
Mão-de-obra	6,81	7,22	7,65	8,11	8,60
<i>Outras despesas</i>	47,38	50,22	53,23	56,43	59,81
Reparo e Manutenção	15,89	16,84	17,85	18,92	20,06
Neutralização	31,49	33,38	35,38	37,51	39,76
<b>Custo Total</b>	1.288,72	1.299,35	1.310,62	1.322,57	1.335,24
<b>RECEITAS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Glicerina (95,3 kg)	65,72	60,90	56,17	51,53	46,97
Biodiesel (1.000 kg)	998,83	972,88	947,36	922,25	897,56
<b>Receita Líquida Total</b>	1.064,55	1.033,78	1.003,52	973,78	944,53
<b>RESULTADO ANUAL (R\$)</b>					
Receita Líquida Anual	104.326.355	101.310.540	98.345.421	95.430.286	92.564.430
(-) Custo Operacional Anual	126.294.559	127.336.587	128.441.136	129.611.959	130.853.030
<b>LAJIDA</b>	-21.968.205	-26.026.047	-30.095.715	-34.181.673	-38.288.600
(-) Depreciação	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
<b>LAJIR</b>	-25.168.205	-29.226.047	-33.295.715	-37.381.673	-41.488.600
(-) Juros (10,9% a.a.)	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000
<b>LAIR</b>	-28.002.205	-32.060.047	-36.129.715	-40.215.673	-44.322.600
(-) IR + CSLL	-	-	-	-	-
<b>Lucro Líquido</b>	-28.002.205	-32.060.047	-36.129.715	-40.215.673	-44.322.600
Custo de produção de biodiesel (R\$/l)	1,13	1,14	1,15	1,16	1,18
Custo de produção de biodiesel - receita de glicerina (R\$/l)	1,08	1,09	1,10	1,12	1,13
<b>FLUXO DE CAIXA ANUAL</b>					
FC (= LAJIDA - IR)	-17.917.928	-21.968.205	-26.026.047	-30.095.715	-34.181.673
Período (anos)	5	6	7	8	9
Taxa de desconto anual	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%
Fluxo de caixa descontado	-10.500.312	-11.568.895	-12.316.531	-12.798.755	-13.062.890
<b>VPL (R\$)</b>	<b>-128.273.097</b>				
<b>TIR</b>	#NUM!				

## APÊNDICE E – Resultados do cenário otimista até Ano 5

Cenário Otimista	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>OPERAÇÃO</b>					
Produção (ton)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Taxa de utilização prevista	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%
Produção (ton)	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000
<b>HIPÓTESES</b>					
<i>Dados Macroeconômicos</i>					
Taxa de inflação	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
Taxa de câmbio (R\$/US\$)	2,25	2,28	2,32	2,35	2,39
Petróleo (US\$/barril)	61,0	63,4	65,1	66,8	68,5
<i>Matéria-Prima</i>					
Etanol (R\$/kg)	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Óleo de pinhão manso (R\$/ton)	798	798	798	798	798
<i>Produtos</i>					
Glicerina (US\$/ton)	453,5	442,0	430,5	419,0	407,5
Biodiesel s/ tributos (R\$/litro)	1,07	1,13	1,17	1,22	1,26
<b>CUSTOS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Custo total matéria-prima	914,35	914,35	914,35	914,35	914,35
Custo do etanol (142,9 kg)	154,33	154,33	154,33	154,33	154,33
Custo do óleo (952,4 kg)	760,02	760,02	760,02	760,02	760,02
Custo total outros insumos	94,28	97,10	100,02	103,02	106,11
Utilidades	27,33	28,15	28,99	29,86	30,76
Produtos químicos	62,01	63,87	65,78	67,76	69,79
Mão-de-obra	4,94	5,09	5,25	5,40	5,56
Outras despesas	34,40	35,43	36,50	37,59	38,72
Reparo e Manutenção	11,54	11,88	12,24	12,61	12,98
Neutralização	22,87	23,55	24,26	24,99	25,74
<b>Custo Total</b>	1.043,03	1.046,89	1.050,86	1.054,96	1.059,18
<b>RECEITAS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Glicerina (95,3 kg)	97,24	96,20	95,10	93,95	92,74
Biodiesel (1.000 kg)	1.217,18	1.279,50	1.330,01	1.381,78	1.434,81
<b>Receita Líquida Total</b>	1.314,42	1.375,69	1.425,11	1.475,73	1.527,55
<b>RESULTADO ANUAL (R\$)</b>					
Receita Líquida Anual	128.813.425	134.817.892	139.661.112	144.621.121	149.700.333
(-) Custo Operacional Anual	102.216.460	102.594.773	102.984.435	103.385.788	103.799.180
<b>LAJIDA</b>	26.596.965	32.223.119	36.676.676	41.235.333	45.901.152
(-) Depreciação	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000
<b>LAJIR</b>	23.396.965	29.023.119	33.476.676	38.035.333	42.701.152
(-) Juros (10,9% a.a.)	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000
<b>LAIR</b>	20.562.965	26.189.119	30.642.676	35.201.333	39.867.152
(-) IR + CSLL	6.967.408	8.880.300	10.394.510	11.944.453	13.530.832
<b>Lucro Líquido</b>	13.595.557	17.308.819	20.248.166	23.256.880	26.336.321
Custo de produção de biodiesel (R\$/l)	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93
Custo de produção de biodiesel - receita de glicerina (R\$/l)	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85
<b>FLUXO DE CAIXA ANUAL</b>					
Ano 0	-32.500.000	19.629.557	23.342.819	26.282.166	29.290.880
Período (anos)	0	1	2	3	4
Taxa de desconto anual	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%
Fluxo de caixa descontado	-32.500.000	17.639.789	18.850.334	19.072.596	19.101.345
<b>VPL (R\$)</b>	<b>150.202.905</b>				
<b>TIR</b>	<b>74%</b>				

## APÊNDICE F – Resultados do cenário otimista até Ano 10

Cenário Otimista	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	
<b>OPERAÇÃO</b>						
Produção (ton)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
Taxa de utilização prevista	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	
Produção (ton)	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000	
<b>HIPÓTESES</b>						
<i>Dados Macroeconômicos</i>						
Taxa de inflação	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	
Taxa de câmbio (R\$/US\$)	2,42	2,46	2,50	2,53	2,57	
Petróleo (US\$/barril)	70,2	71,9	73,6	75,3	77,0	
<i>Matéria-Prima</i>						
Etanol (R\$/kg)	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	
Óleo de pinhão manso (R\$/ton)	798	798	798	798	798	
<i>Produtos</i>						
Glicerina (US\$/ton)	396,0	384,5	373,0	361,5	350,0	
Biodiesel s/ tributos (R\$/litro)	1,31	1,36	1,41	1,46	1,51	
<b>CUSTOS (R\$/ton de biodiesel)</b>						
<i>Custo total matéria-prima</i>	914,35	914,35	914,35	914,35	914,35	
Custo do etanol (142,9 kg)	154,33	154,33	154,33	154,33	154,33	
Custo do óleo (952,4 kg)	760,02	760,02	760,02	760,02	760,02	
<i>Custo total outros insumos</i>	109,29	112,57	115,95	119,43	123,01	
Utilidades	31,68	32,63	33,61	34,62	35,65	
Produtos químicos	71,88	74,04	76,26	78,55	80,90	
Mão-de-obra	5,73	5,90	6,08	6,26	6,45	
<i>Outras despesas</i>	39,88	41,08	42,31	43,58	44,89	
Reparo e Manutenção	13,37	13,77	14,19	14,61	15,05	
Neutralização	26,51	27,30	28,12	28,97	29,83	
<b>Custo Total</b>	<b>1.063,52</b>	<b>1.068,00</b>	<b>1.072,60</b>	<b>1.077,35</b>	<b>1.082,24</b>	
<b>RECEITAS (R\$/ton de biodiesel)</b>						
Glicerina (95,3 kg)	91,47	90,15	88,77	87,32	85,81	
Biodiesel (1.000 kg)	1.489,15	1.544,81	1.601,83	1.660,22	1.720,03	
<b>Receita Líquida Total</b>	<b>1.580,62</b>	<b>1.634,96</b>	<b>1.690,59</b>	<b>1.747,54</b>	<b>1.805,84</b>	
<b>RESULTADO ANUAL (R\$)</b>						
Receita Líquida Anual	154.901.208	160.226.254	165.678.025	171.259.125	176.972.207	
(-) Custo Operacional Anual	104.224.975	104.663.544	105.115.269	105.580.546	106.059.782	
<b>LAJIDA</b>	<b>50.676.233</b>	<b>55.562.711</b>	<b>60.562.756</b>	<b>65.678.579</b>	<b>70.912.425</b>	
(-) Depreciação	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	3.200.000	
<b>LAJIR</b>	<b>47.476.233</b>	<b>52.362.711</b>	<b>57.362.756</b>	<b>62.478.579</b>	<b>67.712.425</b>	
(-) Juros (10,9% a.a.)	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000	2.834.000	
<b>LAIR</b>	<b>44.642.233</b>	<b>49.528.711</b>	<b>54.528.756</b>	<b>59.644.579</b>	<b>64.878.425</b>	
(-) IR + CSLL	15.154.359	16.815.762	18.515.777	20.255.157	22.034.664	
<b>Lucro Líquido</b>	<b>29.487.874</b>	<b>32.712.949</b>	<b>36.012.979</b>	<b>39.389.422</b>	<b>42.843.760</b>	
Custo de produção de biodiesel (R\$/l)	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	
Custo de produção de biodiesel - receita de glicerina (R\$/l)	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	
<b>FLUXO DE CAIXA ANUAL</b>						
	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
FC (= LAJIDA - IR)	32.370.321	35.521.874	38.746.949	42.046.979	45.423.422	48.877.760
Período (anos)	5	6	7	8	9	10
Taxa de desconto anual	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%	11,28%
Fluxo de caixa descontado	18.969.742	18.706.527	18.336.553	17.881.249	17.359.044	16.785.726
<b>VPL (R\$)</b>	<b>150.202.905</b>					
<b>TIR</b>		<b>74%</b>				