

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Gilberto Master Penedo

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

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Administração de Empresas como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre em Administração de
Empresas

Orientador: Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Rio de Janeiro
Setembro de 2008



Gilberto Master Penedo

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

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Administração da PUC-Rio. Aprovada pela
Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Leonardo Lima Gomes

Neoenergia

Prof. Fabio Rodrigo Siqueira Batista

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Prof. Nizar Messari

Vice-Decano de Pós-Graduação do CCS

Rio de Janeiro, 11 de setembro de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Gilberto Master Penedo

Graduou-se em Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em 2002. Em 2006, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio, para obtenção do título de Mestre.

Atualmente é Supervisor de Estudos Especiais da Diretoria de Produtos de Pessoas Físicas do Banco Itaú, conduzindo Estudos para maximização do valor da Carteira de Crediário e Cheque Especial para Pessoas Físicas.

Ficha Catalográfica

Penedo, Gilberto Master

Avaliação da flexibilidade de escolha dos insumos de produção do biodiesel através da teoria de opções reais / Gilberto Master Penedo ; orientador: Luiz Eduardo Teixeira Brandão. – 2008.

109 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Biodiesel. 3. Opções reais. 4. Simulação de Monte Carlo. 5. Modelo de reversão à média. 6. Movimento geométrico browniano. I. Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD:658

“Sucesso é a soma de pequenos esforços, repetidos o tempo todo.”

Robert Collier

À minha família e a todos que contribuíram para o que sou.
Meu carinho e respeito por todos vocês.

Agradecimentos

Agradeço ao professor Luiz Brandão pela excelente orientação e apoio dados para a elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos do Mestrado e colegas de trabalho, agradeço pela amizade e pelas freqüentes trocas de conhecimento. Certamente existe um pouco de vocês em cada palavra aqui escrita.

Por fim, agradeço à minha família, em especial à minha esposa Simone, por seu amor, paciência e compreensão. Seu apoio em todos os momentos me dá forças para atingir meus objetivos.

Resumo

Penedo, Gilberto Master; Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. **Avaliação da flexibilidade de escolha dos insumos de produção do Biodiesel através da Teoria de Opções Reais**. Rio de Janeiro, 2008. 109p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A crescente preocupação ambiental e dependência energética de combustíveis fósseis têm aumentado a importância do desenvolvimento de combustíveis renováveis e menos poluentes. Dentro deste cenário, o Biodiesel é uma alternativa que apresenta diversas vantagens em relação ao diesel fóssil, ou Petrodiesel, além de possuir propriedades físicas semelhantes. Neste trabalho mensurou-se o valor que advém da flexibilidade existente para o produtor de Biodiesel da escolha do insumo utilizado na sua produção através da Teoria de Opções Reais. Os resultados encontrados indicam que essa opção de escolha de insumos tem valor quando se assume que os preços futuros destes insumos seguem processos estocásticos como o Movimento de Reversão à Média e o Movimento Geométrico Browniano, o que pode ser suficiente para viabilizar o uso de insumos que não seriam recomendados pela análise tradicional. Como esses processos estocásticos geram diferentes resultados, a seleção do modelo e dos parâmetros utilizados são fatores importantes na valoração desta classe de projetos.

Palavras - chave

Biodiesel; Opções Reais; Simulação de Monte Carlo; Modelo de Reversão à Média; Movimento Geométrico Browniano.

Abstract

Penedo, Gilberto Master; Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. **The Option Value of Switching Inputs in a Biodiesel Plant.** Rio de Janeiro, 2008. 109p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

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

Keywords

Biodiesel; Real Options, Monte Carlo Simulation; Mean Reverting Models; Geometric Brownian Motion.

Sumário

1 Introdução	14
2 Referencial Teórico	16
2.1. Revisão de Literatura	16
2.2. Referencial Teórico	18
2.3. Opções Financeiras	20
2.4. A Análise Tradicional de investimentos versus Teoria de Opções Reais	22
2.5. Tipos de Opções Reais	24
2.6. Modelagem de Incertezas como Processos Estocásticos	25
2.6.1. A Simulação de Monte Carlo	27
2.6.2. O Movimento Geométrico Browniano	28
2.6.3. O Processo de Reversão à Média	29
3 O Biodiesel	32
3.1. Panorama Mundial	33
3.2. O mercado brasileiro do Óleo Diesel	34
3.3. O Biodiesel aditivo no Brasil	36
3.4. Os Leilões nacionais do Biodiesel	37
3.5. O Processo produtivo do Biodiesel	39
3.6. Insumos e subprodutos envolvidos na produção do Biodiesel	40
3.6.1. Soja	40
3.6.2. Mamona	42
3.6.3. Algodão	44
3.6.4. Etanol	46
3.6.5. Glicerina	47
4 Coleta de dados	50
4.1. Soja	50
4.2. Mamona	51

4.3. Algodão	53
4.4. Etanol	54
4.5. Glicerina	55
4.6. Biodiesel	55
5 Aplicação em uma usina fictícia de Biodiesel	57
5.1. Metodologia	57
5.2. Modelagem do processo produtivo do Biodiesel	58
5.3. Processos estocásticos dos preços dos insumos do Biodiesel	61
5.3.1. Processos neutros ao risco	66
5.3.2. Modelagem de incertezas utilizando o MGB	67
5.3.3. Modelagem das incertezas utilizando o MRM	69
5.4. Fluxos de Caixa do Projeto Básico	71
5.5. Fluxos de Caixa do Projeto com Opções	73
5.6. Resultados	75
5.6.1. Projetos Básicos	77
5.6.2. Projetos com Opções	80
5.7. Síntese dos Resultados	83
5.8. Análise de sensibilidade dos resultados encontrados	84
6 Conclusões e Recomendações	90
6.1. Conclusões	90
6.2. Limitações metodológicas e sugestões para trabalhos futuros	91
7 Referências Bibliográficas	93
8 Apêndices	101

Lista de figuras

Figura 1 - Quando a Flexibilidade Gerencial tem valor?	24
Figura 2 - Volume importado e exportado de Biodiesel no Brasil (2000-2007).	35
Figura 3 - Preços médios de revenda do óleo diesel por região brasileira.	35
Figura 4 - Percentuais de adição do Biodiesel ao Diesel.	37
Figura 5 - Processo simplificado de produção do Biodiesel.	39
Figura 6 - Reação química do Biodiesel (transesterificação de glicerídeos).	40
Figura 7 - Produção mundial de soja - Safras 94/95 a 2006/07 (em milhões de toneladas).	41
Figura 8 - Produção brasileira de soja - Safras 1976/77 a 2006/07 (em mil toneladas).	42
Figura 9 - Produção brasileira de mamona - Safras 1976/77 a 2006/07 (em mil toneladas).	44
Figura 10 - Produção brasileira de algodão (caroço e pluma) - Safras 1976/77 a 2006/07 (em mil toneladas).	45
Figura 11 - Produção brasileira do etanol - Safras 1990/91 a 2006/07 (em metros cúbicos).	47
Figura 12 - Evolução do preço da Glicerina Bruta - Rotterdam - dez/95 a set/07 (em US\$/ton).	48
Figura 13 - Séries mensais deflacionadas de preços de soja, farelo de soja, óleo de soja – Bahia.	51
Figura 14 - Séries mensais deflacionadas de preços de mamona (baga e óleo) – Bahia.	52
Figura 15 - Séries mensais deflacionadas de preços de algodão (caroço, óleo e farelo) – Bahia.	54
Figura 16 - Série mensal de preços do etanol deflacionadas pelo IGP-DI – Alagoas - em R\$/litro.	55
Figura 17 - Preços médios de Óleo Diesel (produtores) e Biodiesel (Leilões) - em R\$/litro.	56
Figura 18 - Resultados das regressões lineares para rejeição do	

MGB a favor do MRM para as variáveis do estudo.	62
Figura 19 - Regressões lineares indicando tendência de reversão à média.	65
Figura 20 - Preços da soja (grão) simulados pelo MGB para o período de 60 meses.	69
Figura 21 - Preços da soja (grão) simulados pelo MRM para o período de 60 meses.	71
Figura 22 – Fluxograma da Simulação de Monte Carlo para o Projeto Fictício de Biodiesel.	77
Figura 23 - Distribuição de probabilidades dos VPL's do Projeto com opções, com preços simulados pelo MRM.	82
Figura 24 - Distribuição de probabilidades dos VPL's do Projeto com opções, com preços simulados por um MGB.	83
Figura 25 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.	86
Figura 26 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.	86
Figura 27 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.	86
Figura 28 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) com variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.	88
Figura 29 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.	88
Figura 30 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.	88

Lista de tabelas

Tabela 1 - Resultados dos Leilões realizados pela ANP e Petrobras.	38
Tabela 2 - Produtividade de grãos para obtenção de óleo.	59
Tabela 3 – Intervalos de confiança para o Teste de Hipóteses das variáveis do Estudo.	63
Tabela 3 - Prêmios de risco mensais para as variáveis do estudo.	66
Tabela 4 - Parâmetros do MGB para as variáveis do estudo.	68
Tabela 5 - Parâmetros do MRM para as variáveis do estudo.	71
Tabela 6 - Fluxos de Caixa dos 6 primeiros meses para o Projeto Básico - MRM (Fluxos em R\$).	79
Tabela 7 - Fluxos de Caixa dos 6 primeiros meses para o Projeto Básico - MGB (Fluxos em R\$).	79
Tabela 8 - Comparativo do valor do Projeto com o uso das opções de conversão e possibilidade de venda do óleo bruto (R\$/1000 litros de Biodiesel).	83
Tabela 9 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.	85
Tabela 10 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.	85
Tabela 11 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.	85
Tabela 12 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) com variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.	87
Tabela 13 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.	87
Tabela 14 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.	87