



**Adriana Leiras**

**A Cadeia Produtiva do Biodiesel: uma avaliação  
econômica para o caso da Bahia**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do título de Mestre pelo Programa  
de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da  
PUC-Rio.

Orientador: Prof. Sílvio Hamacher

Co-orientador: Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo



**Adriana Leiras**

**A Cadeia Produtiva do Biodiesel: uma avaliação econômica  
para o caso da Bahia**

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

**Prof. Sílvio Hamacher**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo**

Co-orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Dr. Horacio Nelson Hastenreiter Filho**

SECTI-BA

**Dr. Eduardo Homem de Siqueira Cavalcanti**

INT/SECTI-RJ

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 24 de agosto de 2006

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

### **Adriana Leiras**

Graduou-se em Engenharia de Produção pela PUC-Rio em 2004. Depois de graduada ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio para obtenção do título de Mestre. Nesse período, trabalhou como pesquisadora no Projeto Biodiesel. Durante a graduação, estagiou em empresa do ramo de mídia impressa, atuando nas áreas de Suprimentos, Planejamento e Controle da Produção e Engenharia de Processos. Atualmente exerce o cargo de Engenheira de Produção nesta empresa.

#### Ficha Catalográfica

Leiras, Adriana

A cadeia produtiva de biodiesel: uma avaliação econômica para o caso da Bahia / Adriana Leiras ; orientador: Silvio Hamacher ; co-orientador: Luiz Felipe Roris Rodrigues Scavarda do Carmo. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Industrial.

156 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Biodiesel. 3. Cadeia produtiva. 4. Bahia. 5. Avaliação econômica. 6. Dendê. 7. Soja. 8. Mamona. 9. Algodão. I. Hamacher, Silvio. II. Carmo, Luiz Felipe Roris Rodrigues Scavarda. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.7

À minha família

## **Agradecimentos**

À toda minha família, pelo carinho, apoio e compreensão, em particular à minha mãe – Maria –, ao meu pai – Walter –, às minhas irmãs – Mariana e Fabiana – e aos meus sobrinhos – Bianca, Patric e Beatriz.

Ao Orientador Sílvio Hamacher e ao Co-orientador Luiz Felipe Scavarda, pela amizade, pela orientação, pela oportunidade e pela confiança em mim depositada.

Aos professores, funcionários e colegas de mestrado do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio, pela amizade e por todo apoio e incentivo durante a elaboração da tese.

À PUC-Rio, por me acolher como estudante ao longo de todos os anos de graduação e de pós-graduação.

À CAPES e à PUC-Rio, pelo apoio financeiro durante a execução da dissertação.

À Secretaria de Ciência e Tecnologia da Bahia (SECTI-BA), pela oportunidade de conhecer e estudar a cadeia produtiva do biodiesel no estado da Bahia.

À Pauletti Rocha e Roberto Fortuna, pela ajuda e orientação neste trabalho.

À Fundação de Apoio à Pesquisa da Bahia (FAPESB-BA), pelo apoio financeiro.

Ao Professor Eugenio Epprecht, pela orientação na iniciação científica e ao Professor Leonardo Lustosa pela orientação no projeto final da graduação.

À Jaqueline, Érica, Bia, Letícia, Carol, Thaís e Pri, pela amizade.

À Renata e ao Paulo, pelo apoio na fase final deste trabalho.

À Rosana, Gessilene e Jorge, pelo exemplo e pela orientação.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho.

## Resumo

Leiras, Adriana. **A Cadeia Produtiva do Biodiesel: uma avaliação econômica para o caso da Bahia**. Rio de Janeiro, 2006. 156p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As questões ligadas às energias renováveis vêm ganhando muita importância e destaque no cenário político e econômico brasileiro. Apesar da questão do biodiesel estar sendo amplamente investigada, as características regionais de produção ainda não foram suficientemente abordadas. Assim, esta dissertação de mestrado contribui para a análise da transição de estudos pontuais, voltados a técnicas de produção ou transformação, para um cenário agroindustrial que permita a criação de uma estrutura organizada para produção e distribuição do biodiesel ao longo da cadeia produtiva. Nesse contexto, os objetivos deste trabalho são: (1) analisar a cadeia produtiva do biodiesel, englobando áreas rurais, usinas e bases distribuidoras de combustíveis, bem como transporte e armazenagem de matéria-prima, óleos e biodiesel; (2) elaborar um modelo de simulação que possibilite a realização de estudos de viabilidade econômica da cadeia produtiva do biodiesel. No total foram simulados 52 cenários para a produção do biodiesel na Bahia a partir dos óleos de dendê, mamona, soja e algodão. O custo final obtido para o biocombustível foi inferior ao menor valor obtido nos quatro leilões de biodiesel já realizados no Brasil (R\$1,74 por litro) em 12 dos 13 cenários simulados para o dendê; 13 dos 13 cenários simulados para a soja; 12 dos 22 cenários simulados para a mamona e 4 dos 4 cenários simulados para o algodão. Assim, os resultados apontam para uma grande competitividade dessa produção na Bahia.

## Palavras-chave

Biodiesel; Cadeia Produtiva; Bahia; Avaliação Econômica; Dendê; Soja; Mamona; Algodão

## Abstract

Leiras, Adriana. **The Biodiesel Productive Chain: an economic evaluation for the Bahia case.** Rio de Janeiro, 2006. 156p. M. Sc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Issues concerning renewable energies have been considered very important in Brazil and are now being the arena of many local political and economic discussions. In spite of being the biodiesel deeply investigated, regional characteristics of this biofuel have not been enough analyzed. Therefore, this master dissertation contributes to the analysis of the transition of specific and punctual studies that regard production and transformation techniques, to an agroindustrial scenario that allows the creation of an organized structure for production and distribution of biodiesel along its productive chain. Within this context, this dissertation aims: (1) to analyze the biodiesel productive chain, embracing agricultural areas, oil extraction plants, and fuel distribution bases, as well as the storage and transport of raw material, oils and biodiesel; (2) to develop a simulation model that evaluates the economic feasibility of this chain. 52 scenarios were simulated for the production of biodiesel in Bahia from the following oils: dende palm, castor, soybean, and cotton. The final cost obtained for this biofuel was smaller than the lowest value obtained in the four biodiesel auctions carried out recently in Brazil (R\$1.74 per liter) in 12 of the 13 scenarios simulated for the dende palm oil; in 13 of the 13 simulated for the soybean oil; in 12 of the 22 scenarios simulated for the castor oil; and in 4 of the 4 scenarios simulated for the cotton oil. As a result, the findings obtained point to the competitiveness of this productive chain in Bahia.

## Key words

Biodiesel; Productive Chain; Bahia; Economic Evaluation; Dende Palm; Soybean; Castor; Cotton

# Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 A QUESTÃO DO BIODIESEL.....</b>	<b>22</b>
2.1. CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL.....	22
2.2. PRODUÇÃO E MERCADO.....	28
<b>3 METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>34</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	34
3.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	36
3.3 AMOSTRA.....	36
<b>4 MODELO DE SIMULAÇÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>5 CADEIA PRODUTIVA DE OLEAGINOSAS NA BAHIA.....</b>	<b>42</b>
5.1 CADEIA PRODUTIVA DO DENDÊ .....	42
5.2 CADEIA PRODUTIVA DA SOJA .....	46
5.3 CADEIA PRODUTIVA DA MAMONA .....	51
5.4 CADEIA PRODUTIVA DO ALGODÃO .....	56
<b>6 DADOS UTILIZADOS NO MODELO DE SIMULAÇÃO.....</b>	<b>59</b>
6.1. DENDÊ .....	59
6.1.1 Produtividade Agrícola.....	60
6.1.2 Preço da Oleaginosa .....	62
6.1.3 Custos Agrícolas .....	62
6.1.4 Coeficientes Técnicos da Extração e Preços de Co-produtos .....	66
6.1.5 Custos de Extração de Óleo.....	67
6.2. SOJA.....	69
6.2.1 Produtividade Agrícola.....	70
6.2.2 Preço da Oleaginosa .....	71
6.2.3 Custos Agrícolas.....	72
6.2.4 Coeficientes Técnicos da Extração e Preços de Co-produtos .....	73
6.2.5 Custos de Extração de Óleo.....	76
6.3. MAMONA .....	78
6.3.1. Produtividade Agrícola.....	78
6.3.2. Preço da Oleaginosa .....	79
6.3.3 Custos Agrícolas.....	80
6.3.4 Coeficientes Técnicos da Extração e Preços de Co-produtos .....	81
6.3.5 Custos de Extração de Óleo.....	82
6.4. ALGODÃO.....	83

6.4.1	<i>Coefficientes Técnicos da Extração e Preços de Co-produtos</i>	83
6.4.2	<i>Custos de Extração de Óleo</i>	85
6.5.	<b>BIODIESEL</b>	86
6.5.1	<i>Coefficientes Técnicos do Processo e Preços de Co-produtos</i>	86
6.5.2	<i>Custos de Produção</i>	88
<b>7</b>	<b>TRANSPORTE E LOGÍSTICA</b>	<b>91</b>
7.1.	<b>LOGÍSTICA</b>	91
7.1.1	<i>Dendê</i>	93
7.1.2	<i>Soja e Algodão</i>	93
7.1.3	<i>Mamona</i>	94
7.2.	<b>CUSTOS DE TRANSPORTE</b>	95
<b>8</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>97</b>
8.1.	<b>RESULTADOS</b>	97
8.1.1	<i>Dendê</i>	98
8.1.2	<i>Soja</i>	100
8.1.3	<i>Mamona</i>	101
8.1.4	<i>Algodão</i>	103
8.2.	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO</b>	104
8.3.	<b>ÁREA NECESSÁRIA PARA ATENDER À DEMANDA DE BIODIESEL</b>	107
8.4.	<b>ANÁLISE DO MERCADO DE ÓLEOS VEGETAIS</b>	110
<b>9</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>115</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>118</b>
	<b>APÊNDICE I: LISTA DE ENTREVISTADOS</b>	<b>124</b>
	<b>APÊNDICE II: QUESTIONÁRIO APLICADO PARA A CADEIA DO BIODIESEL</b>	<b>126</b>
	<b>APÊNDICE III: MODELO DE SIMULAÇÃO</b>	<b>132</b>
	<b>APÊNDICE IV: PLANTIO E EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE DENDÊ</b>	<b>135</b>
	<b>APÊNDICE V: PLANTIO E EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA</b>	<b>140</b>
	<b>APÊNDICE VI: PLANTIO E EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE MAMONA</b>	<b>145</b>
	<b>APÊNDICE VII: PLANTIO E EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE ALGODÃO</b>	<b>151</b>
	<b>APÊNDICE VIII: DADOS DE PLANTIO DE ALGODÃO</b>	<b>154</b>

## Lista de Figuras

Figura 1: Participação de biocombustíveis na matriz energética.....	16
Figura 2: Cadeia de produção do biodiesel.....	22
Figura 3: Fluxograma do processo de produção do biodiesel.....	24
Figura 4: Vendas de biodiesel na Alemanha.....	29
Figura 5: Triangulação de Métodos.....	35
Figura 6: <i>Framework</i> da metodologia de pesquisa.....	35
Figura 7: Etapas da pesquisa.....	36
Figura 8: Distribuição geográfica do dendê na Bahia.....	43
Figura 9: Produção mundial de soja.....	47
Figura 10: Produção brasileira de soja.....	48
Figura 11: Distribuição geográfica da soja na Bahia.....	49
Figura 12: Produção mundial de mamona.....	53
Figura 13: Distribuição da mamona na Bahia.....	53
Figura 14: Exportações de óleo de mamona.....	55
Figura 15: Produção brasileira de caroço de algodão.....	57
Figura 16: Distribuição da mamona na Bahia.....	57
Figura 17: Produção/ exportação brasileira de óleo de algodão.....	58
Figura 18: Produtividade do dendê.....	61
Figura 19: Cotação da soja em Barreiras - BA (em R\$/ton).....	72
Figura 20: Comparação de cotações do farelo e do grão de soja.....	75
Figura 21: Variação das cotações da mamona em Irecê.....	79
Figura 22: Cotações do óleo de mamona em Roterdã.....	81
Figura 23: Série histórica de preços do metanol.....	87
Figura 24 : Bases de distribuição de combustíveis na Bahia.....	91
Figura 25: Preços de biodiesel na Alemanha.....	107
Figura 26: Evolução dos preços de óleos vegetais nos EUA.....	111
Figura 27: Preços de óleos vegetais na Europa.....	112
Figura 28: Preços de óleo de canola na Alemanha.....	114
Figura 29: Fluxograma para extração de óleo de dendê.....	138
Figura 30: Fluxograma da extração de óleo de soja.....	143
Figura 31: Fluxograma da extração de óleo de soja.....	143
Figura 32: Fluxograma da extração de óleo de mamona.....	149
Figura 33: Fluxograma da extração de óleo de algodão.....	153
Figura 34: Cotações da pluma de algodão em Barreiras.....	155

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Tipos de usinas recomendadas para extração de óleo .....	23
Tabela 2: Comparação das rotas metilica e etilica .....	25
Tabela 3: Estimativa de produção de biodiesel por país .....	28
Tabela 4: Capacidade de plantas de biodiesel no Brasil .....	30
Tabela 5: Tributos incidentes na produção de biodiesel .....	33
Tabela 6: Produção de cachos de dendê na Bahia .....	43
Tabela 7: Cultura do dendê no Baixo Sul.....	44
Tabela 8: Empresas produtoras de óleo de dendê na Bahia .....	45
Tabela 9: Produção de soja na Bahia.....	48
Tabela 10: Capacidade instalada de processamento de soja .....	50
Tabela 11: Produção mundial de mamona.....	52
Tabela 12: Produção de mamona na Bahia.....	54
Tabela 13: Exportações de óleo de mamona .....	55
Tabela 14: Produção de algodão em caroço na Bahia .....	57
Tabela 15: Variação da produtividade do dendê no Baixo Sul .....	60
Tabela 16: Valores de produtividade máxima do dendê para diferentes cenários .....	61
Tabela 17: Variação dos preços dos cachos de dendê.....	62
Tabela 18: Custos no pré-viveiro - dendê .....	64
Tabela 19: Custos no viveiro - dendê .....	64
Tabela 20: Custos de aquisição de mudas de dendê para diferentes cenários .....	65
Tabela 21: Custos de plantio e tratos culturais do dendê.....	65
Tabela 22: Custos de plantio/tratos culturais do dendê .....	65
Tabela 23: Custos por hectare com tratos culturais no período sem produção - dendê.....	65
Tabela 24: Custos por ha com tratos culturais no período sem produção - dendê.....	66
Tabela 25: Distribuição anual dos custos de produção do dendê por hectare .....	66
Tabela 26: Percentuais e preços dos produtos obtidos na prensagem do dendê.....	67
Tabela 27: Cenários de preços e % dos produtos obtidos na prensagem do dendê.....	67
Tabela 28: Investimentos e custos operacionais para o dendê.....	68
Tabela 29: Investimentos da usina de prensagem de dendê .....	68
Tabela 30: Cenários de investimentos na extração de óleo de dendê .....	69
Tabela 31: Variação da produtividade da soja em diferentes locais .....	70
Tabela 32: Valores de produtividade máxima da soja para diferentes cenários .....	71
Tabela 33: Cotações anuais médias dos grãos de soja na bolsa de Chicago (em US\$/ton).....	71
Tabela 34: Investimento inicial para o plantio de soja.....	73
Tabela 35: Componentes do custo de aquisição de sementes de soja.....	73
Tabela 36: Custos operacionais para o plantio da soja .....	73

Tabela 37: Rendimentos do processo de produção de óleo de soja .....	74
Tabela 38: Rendimentos para diferentes cenários.....	74
Tabela 39: Cotações anuais médias do óleo e do farelo de soja na bolsa de Chicago (em US\$/ton) .....	74
Tabela 40: Estatística de regressão .....	75
Tabela 41: Características das empresas produtoras de óleo.....	77
Tabela 42: Cenários de produtividade da mamona para plantio não consorciado .....	78
Tabela 43: Cenários de produtividade da mamona e do feijão para plantio consorciado .....	78
Tabela 44: Preço do feijão (R\$/saca).....	79
Tabela 45: Preço da mamona em Irecê (R\$/saca).....	80
Tabela 46: Investimento inicial para o plantio de mamona .....	80
Tabela 47: Custos operacionais para o plantio da mamona .....	80
Tabela 48: Rendimentos do processo de extração de óleo de mamona.....	81
Tabela 49: Preços da torta de mamona .....	81
Tabela 50: Cenários de produtividade do algodão .....	84
Tabela 51: Evolução dos preços de óleos de algodão nos EUA .....	84
Tabela 52: Investimentos para extração de óleo de algodão.....	85
Tabela 53: Coeficientes técnicos para produção de biodiesel .....	86
Tabela 54: Comparação de custos de produção de biodiesel.....	88
Tabela 55: Investimento e custos operacionais para biodiesel.....	89
Tabela 56: Investimento e custos operacionais para biodiesel.....	89
Tabela 57: Investimento e custos operacionais .....	90
Tabela 58: Resultados para a cadeia verticalizada do dendê – Plantio pessimista .....	98
Tabela 59: Resultados para a cadeia verticalizada do dendê – Plantio provável.....	99
Tabela 60: Resultados para a cadeia verticalizada do dendê – Plantio otimista.....	99
Tabela 61: Resultados para a cadeia semi-verticalizada do dendê .....	99
Tabela 62: Resultados para a cadeia desverticalizada do dendê.....	99
Tabela 63: Resultados para a cadeia verticalizada da soja – Plantio pessimista .....	100
Tabela 64: Resultados para a cadeia verticalizada da soja – Plantio provável.....	100
Tabela 65: Resultados para a cadeia verticalizada da soja – Plantio otimista.....	100
Tabela 66: Resultados para a cadeia semi-verticalizada da soja.....	101
Tabela 67: Resultados para a cadeia desverticalizada da soja .....	101
Tabela 68: Resultados para a cadeia verticalizada da mamona – Plantio pessimista .....	101
Tabela 69: Resultados para a cadeia verticalizada da mamona – Plantio provável.....	101
Tabela 70: Resultados para a cadeia verticalizada da mamona – Plantio otimista .....	102
Tabela 71: Resultados para a cadeia semi-verticalizada da mamona.....	102
Tabela 72: Resultados para a cadeia desverticalizada da mamona .....	102
Tabela 73: Resultados para a cadeia semi-verticalizada do algodão .....	103
Tabela 74: Resultados para a cadeia desverticalizada do algodão.....	103
Tabela 75: Síntese de resultados – Custo do litro do biodiesel na base.....	104

<b>Tabela 76: Avaliação da ociosidade das fábricas de óleo de soja e biodiesel.....</b>	<b>105</b>
<b>Tabela 77: Período de safra das oleaginosas analisadas .....</b>	<b>106</b>
<b>Tabela 78: Efeito da desoneração tributária no custo do litro de biodiesel na base .....</b>	<b>106</b>
<b>Tabela 79: Taxas de crescimento da demanda de diesel (% a.a).....</b>	<b>108</b>
<b>Tabela 80: Demanda projetada de óleo diesel (bilhões de litros) .....</b>	<b>108</b>
<b>Tabela 81: Demanda de biodiesel (milhões de litros) .....</b>	<b>109</b>
<b>Tabela 82: Área necessária para atender à demanda de biodiesel (mil hectares).....</b>	<b>109</b>
<b>Tabela 83: Média e desvio-padrão de preços de óleos vegetais nos EUA (R\$/ton) .....</b>	<b>111</b>
<b>Tabela 84: Média e desvio-padrão de preços de óleos vegetais na Europa (R\$/ton) .....</b>	<b>112</b>
<b>Tabela 85: Produção mundial de óleos vegetais.....</b>	<b>113</b>
<b>Tabela 86: Entrevistados atuantes na produção e/ ou pesquisas sobre oleaginosas .....</b>	<b>124</b>
<b>Tabela 87: Entrevistados atuantes na produção de óleo vegetal .....</b>	<b>124</b>
<b>Tabela 88: Entrevistados atuantes na produção e/ ou pesquisas sobre biodiesel.....</b>	<b>125</b>
<b>Tabela 89: Entrevistados atuantes em logística e comercialização .....</b>	<b>125</b>
<b>Tabela 90: Descrição do processo de produção de óleo.....</b>	<b>139</b>
<b>Tabela 91: Produtividade do algodão em caroço em diferentes locais.....</b>	<b>154</b>
<b>Tabela 92: Cenários de produtividade do algodão em caroço .....</b>	<b>155</b>
<b>Tabela 93: Cenários de preços da pluma de algodão .....</b>	<b>155</b>
<b>Tabela 94: Investimento inicial para o plantio de algodão .....</b>	<b>156</b>
<b>Tabela 95: Custos operacionais para o plantio do algodão.....</b>	<b>156</b>

*O motor diesel pode ser alimentado com óleos vegetais e poderá ajudar consideravelmente o desenvolvimento da agricultura nos países onde ele funcionar. Isto parece um sonho do futuro, mas eu posso prever com inteira convicção que esse modo de emprego do motor diesel pode, num tempo dado, adquirir uma grande importância.*

Rudolph Diesel, 1898