

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Marcelo Pereira
da Cunha E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 14 / 12 / 2011

Assete
ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MARCELO PEREIRA DA CUNHA

**Avaliação socioeconômica e ambiental de rotas de
produção de biodiesel no Brasil, baseada em
análise de insumo-produto**

Campinas, 2011

12/2012

Marcelo Pereira da Cunha

**Avaliação socioeconômica e ambiental de rotas de
produção de biodiesel no Brasil, baseada em
análise de insumo-produto**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Orientador: Arnaldo César da Silva Walter

Co-orientador: Joaquim José Martins Guilhoto

Campinas
Dezembro de 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

C914a Cunha, Marcelo Pereira da
Avaliação socioeconômica e ambiental de rotas de produção de biodiesel no Brasil, baseada em análise de insumo-produto / Marcelo Pereira da Cunha. -- Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientadores: Arnaldo Cesar da Silva Walter, Joaquim José Martins Guilhoto.
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Biodiesel. 2. Biocombustíveis. 3. Sustentabilidade. 4. Relações intersectoriais. 5. Indicadores ambientais. I. Walter, Arnaldo Cesar da Silva. II. Guilhoto, Joaquim José Martins. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. IV. Título.

Título em Inglês: Socioeconomic and environmental assessment of biodiesel production in Brazil, based on input-output analysis

Palavras-chave em Inglês: Biodiesel, Biofuels, Sustainability, Intersectoral relations, Environmental indicators

Área de concentração:

Titulação: Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora: Luiz Augusto Horta Nogueira, Manoel Regis Lima Verde Leal, José Maria Ferreira Jardim da Silveira, André Tosi Furtado

Data da defesa: 14-12-2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

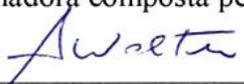
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

TESE DE DOUTORADO

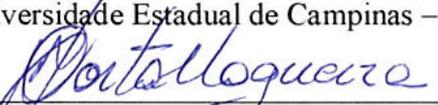
**Avaliação socioeconômica e ambiental de rotas de
produção de biodiesel no Brasil, baseada em
análise de insumo-produto**

Autor: Marcelo Pereira da Cunha
Orientador: Arnaldo Cesar da Silva Walter
Co-orientador: Joaquim José Martins Guilhoto

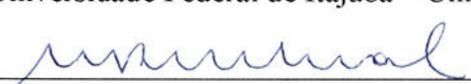
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Tese:



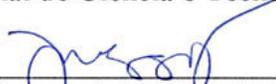
Prof. Dr. Arnaldo Cesar da Silva Walter, Presidente
Universidade Estadual de Campinas – Unicamp



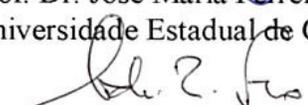
Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira
Universidade Federal de Itajubá – Unifei



Dr. Manoel Regis Lima Verde Leal
Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE



Prof. Dr. José Maria Ferreira Jardim da Silveira
Universidade Estadual de Campinas - Unicamp



Prof. Dr. André Tosi Furtado
Universidade Estadual de Campinas - Unicamp

Campinas, 14 de dezembro de 2011

Dedicatória

Para Ana Sílvia, João Vinícius e Giovana Teresa

Agradecimentos

São muitas as pessoas que contribuíram para que eu pudesse realizar este trabalho; destaco, neste pequeno espaço, aquelas que participaram de maneira mais próxima neste processo, e peço desculpas por nomes omitidos.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, Arnaldo Walter, e ao meu co-orientador, Joaquim Guilhoto, pela forma como aceitaram me orientar e como acreditaram em meu trabalho. Acima de tudo, estes professores se tornaram uma referência para mim, em termos de suas competências, dedicação ao trabalho, ética profissional e sabedoria no relacionamento com as pessoas.

A todo o corpo docente do programa de pós-graduação em Planejamento de Sistemas Energéticos da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp, que, sem dúvida, foi de extremo valor para que eu pudesse atuar em uma área interdisciplinar.

À minha família, que por tantos meses entenderam a minha ausência para que esta tese fosse concluída, agradeço pelo apoio e paciência.

Ao professor e amigo Hamilton Luiz Guidorizzi, do qual compartilho um entusiasmo incansável pelas descobertas que a vida nos oferece, e que é um dos responsáveis pela minha chegada à Unicamp.

Aos colegas do CTBE, pelo ambiente acolhedor e repleto de oportunidades para debates construtivos a respeito dos temas biocombustíveis e sustentabilidade. Em particular, agradeço pelo apoio incondicional de Manoel Regis Lima Verde Leal (com sua sabedoria e bom humor insuperáveis), Antonio Bonomi e Marco Aurélio Pinheiro Lima.

Para Terezinha de Fátima Cardoso, agradeço pelas discussões ao longo do Projeto Bionordeste – que muito contribuíram para uma melhor “leitura” da produção de biodiesel no Brasil – , bem como pelo auxílio oferecido na organização final do texto.

Finalmente, agradeço pela oportunidade de participar do Projeto Bionordeste, com o apoio financeiro prestado pela FINEP durante parte do meu doutorado, e que foi viabilizado através do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da Unicamp (NIPE), cujos pesquisadores e professores são colegas de longa data e muito contribuíram para minha formação profissional e acadêmica.

“Se queremos progredir, não devemos repetir a história, mas fazer uma história nova”

Mohandas Karamchand Gandhi

Resumo

As condições relacionadas à escassez do petróleo e seu elevado preço, às mudanças climáticas e à chamada segurança energética têm motivado a comunidade internacional a buscar fontes alternativas de energia; entre elas, os biocombustíveis, tema que se tornou debate relevante nos últimos anos. O biodiesel, que pode ser obtido a partir de diversas oleaginosas, abre espaço como uma nova fonte energética que pode trazer benefícios ambientais, econômicos e sociais em comparação ao óleo diesel de origem fóssil, especialmente em países em desenvolvimento e com possibilidade de expansão de suas fronteiras agrícolas. O objetivo deste trabalho é avaliar e comparar os impactos e indicadores socioeconômicos e ambientais, no Brasil, das principais rotas de produção de biodiesel adotadas entre 2005 e 2010. Cinco rotas são avaliadas, definidas em termos do perfil encontrado dessa indústria no país – duas a partir do óleo de soja, uma a partir do sebo bovino, uma a partir do óleo de caroço de algodão e outra a partir do óleo de girassol apoiado na produção organizada em cooperativas de agricultores familiares. A avaliação é realizada usando-se a análise de insumo-produto, sendo a economia agregada em 73 setores produtivos e 120 produtos. São quantificados os impactos e indicadores em termos do nível da produção setorial, dos empregos gerados (incluindo a avaliação de sua qualidade em termos da remuneração), do valor adicionado (PIB), do balanço de energia e das emissões de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄ e N₂O). Para tanto, foi desenvolvido e implementado um modelo de insumo-produto tomando como base o ano de 2004 (último ano que antecedeu o início da produção de biodiesel no país), captando os efeitos diretos e indiretos envolvidos em toda a cadeia produtiva, permitindo, também, a combinação de diferentes rotas na estrutura produtiva de biodiesel. Em relação ao ano de 2004, entre os diversos resultados obtidos, destacam-se a necessidade de subsídio à produção de biodiesel, exceto na rota a partir do sebo bovino. Considerando a situação em que parte da soja exportada seja usada na produção de biodiesel (para substituir toda a importação de óleo diesel) e seus co-produtos, mesmo com a necessidade de subsídios, haveria um benefício econômico estimado em R\$ 0,78/L de biodiesel produzido. Em relação à rota de produção a partir do girassol no modelo de agricultura familiar, o benefício, em um cenário B1, seria de R\$ 2,22/L, mas à custa de uma remuneração média do fator trabalho 87% inferior à média do país naquele ano.

Palavras chave: Biodiesel, biocombustíveis, sustentabilidade, análise de insumo-produto, indicadores socioeconômicos e ambientais.

Abstract

The scarcity and the growing oil prices, climate change and energy security are issues that have motivated the international community to seek alternative sources of energy; among them, biofuels have been seriously considered a relevant option in recent years. Biodiesel, which can be obtained from many crops, is a new energy source that can potentially bring environmental, economic and social benefits compared to fossil diesel oil, especially in developing countries, considering the land availability. The objectives of this thesis are the evaluation and the comparison of socioeconomic and environmental indicators and also an assessment of impacts of the main routes of biodiesel production in Brazil; in the thesis the main routes adopted between 2005 and 2010 were considered. Five routes of biodiesel production were evaluated, defined taking into account the profile of this industry in Brazil – two from soybean oil, one from beef tallow, one from cotton oil and other from sunflower oil based on family farming production. The evaluation was performed using the input-output analysis; the Brazilian economy was aggregated in 73 productive sectors and 120 commodities. Impacts and indicators were quantified regarding the level of the total output (production), jobs created (including the assessment of their wages), the value added (GDP), the energy balance and greenhouse gases emissions (CO₂, CH₄ and N₂O). For this purpose, it was developed and implemented an input-output model based on the year 2004 (last year before starting biodiesel production in Brazil), capturing the direct and indirect effects along the entire production chain, allowing, as well, the combination of different routes of biodiesel production. For the year 2004, among the various results obtained, it is worth to mention the need of subsidies over biodiesel production, except for the production route from beef tallow. Considering the scenario in which part of the exported soybeans is driven to biodiesel production (to replace all imports of diesel oil) and its co-products, even with the need for subsidies, there would be an economic benefit estimated at R\$ 0.78/L of biodiesel produced. Concerned to the production based on sunflower family farming route, the benefit in a B1 scenario would be R\$ 2.22/L, but by means of an average wage 87% lower than the Brazilian average in 2004.

Key words: Biodiesel, biofuels, sustainability, input-output analysis, environmental and socioeconomic indicators.

Lista de Figuras

Figura 1. 1 Participação da oferta mundial de energia primária por fonte em 2008	6
Figura 1. 2 Evolução das importações e exportações brasileiras de petróleo.....	14
Figura 1. 3 Correlação entre IDH e percentual da mão-de-obra ocupada na agropecuária em 120 países	21
Figura 1. 4 Diagrama simplificado do processo de transesterificação	25
Figura 2. 1 Participação das fontes de energia na oferta interna de energia no Brasil em 2010 ...	30
Figura 2. 2 Evolução da oferta interna de energia per capita e da intensidade energética no Brasil entre 1970 e 2010	31
Figura 2. 3 Evolução do consumo, produção e importação de óleo diesel no Brasil entre 1970 e 2010	34
Figura 2. 4 Infra-estrutura da produção de biodiesel no Brasil em 2010 (ANP, 2011).....	41
Figura 2. 5 Evolução da área cultivada com soja e das produções de soja, óleo de soja e farelo de soja no Brasil entre 2001 a 2010	43
Figura 2. 6 Evolução da área colhida com soja e das produções de soja e biodiesel no Brasil.....	45
Figura 2. 7 Evolução da produção e destino do óleo de soja no Brasil de 2001 a 2010	46
Figura 3. 1 Fluxos através da cadeia produtiva	48
Figura 3. 2 Estrutura da matriz de uso (U) do modelo de tecnologia mista proposto	67
Figura 3. 3 Estrutura da matriz de produção (V) do modelo de tecnologia mista proposto.....	69
Figura 4. 1 Evolução da produção, importação e consumo aparente de metanol no Brasil.....	77
Figura 4. 2 Curva de ajuste de preços relativos das misturas de biodiesel em relação ao óleo diesel mineral (base volumétrica).....	86
Figura 4. 3 Distribuição da capacidade nominal das 54 unidades que produziram biodiesel no Brasil em 2010.....	87
Figura 4. 4 Fluxos das plantas verticalizadas de biodiesel de soja.....	88
Figura 4. 5 Fluxos das plantas de biodiesel a partir do óleo de soja	96
Figura 4. 6 Fluxos da planta padrão de produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino.....	99
Figura 4. 7 Fluxos das plantas de biodiesel a partir do óleo bruto de algodão.....	105
Figura 4. 8 Fluxos da planta padrão de biodiesel a partir do óleo de girassol familiar	109
Figura 4. 9 Fluxos das cooperativas de agricultores familiares que produzem óleo de girassol.	113
Figura 5. 1 Balanço energético da produção verticalizada de biodiesel de soja em função do teor da mistura	139
Figura 5. 2 Redução das emissões de GEE do biodiesel a partir da soja em relação ao diesel mineral e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura.....	141
Figura 5. 3 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de soja.....	153
Figura 5. 4 Redução das emissões de GEE do biodiesel de óleo de soja em relação ao diesel mineral e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura.....	154
Figura 5. 5 Balanço energético da produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino	163
Figura 5. 6 Aumento das emissões de GEE do biodiesel de sebo bovino em relação ao diesel mineral e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura.....	164
Figura 5. 7 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de algodão	171
Figura 5. 8 Redução das emissões de GEE do biodiesel de óleo de algodão em relação ao diesel mineral e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura.....	173
Figura 5. 9 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de girassol.....	181
Figura 5. 10 Redução das emissões de GEE do biodiesel de óleo de girassol familiar em relação ao diesel mineral e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura.....	182
Figura 5. 11 Indicadores do balanço de energia da produção de etanol.....	186

Figura 5. 12 Redução das emissões de GEE do etanol de cana em relação à gasolina e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura.....	188
Figura C. 1 Matriz de coeficientes técnicos diretos (Produto X Setor).....	240

Lista de Tabelas

Tabela 1. 1 Principais países importadores de petróleo e derivados em 2009, e principais países consumidores em 2010 (em milhão de barris diários).....	8
Tabela 1. 2 Maiores produtores mundiais de bioetanol em 2010.....	22
Tabela 1. 3 Maiores produtores mundiais de biodiesel em 2010	26
Tabela 2. 1 Consumo final energético das fontes de energia secundária no Brasil em 2010 (em mil tep).....	33
Tabela 2. 2 Consumo setorial do óleo diesel mineral no Brasil em 2010	34
Tabela 2. 3 Potencial de produção de óleos vegetais a partir de algumas oleaginosas no Brasil em relação a 2010.....	37
Tabela 2. 4 Evolução da produção de biodiesel no Brasil de 2005 a 2010	39
Tabela 2. 5 Capacidade nominal e produção de biodiesel por macro-região em 2010	40
Tabela 3. 1 Tabela de transações para a economia brasileira em 2004	50
Tabela 3. 2 Impactos diretos e indiretos devido ao aumento de R\$ 1 bilhão na demanda final por produtos do setor de transformação.....	57
Tabela 4. 1 Setores e produtos desagregados no modelo implementado	80
Tabela 4. 2 Preços de produtos mais relevantes das rotas de biodiesel avaliadas (R\$ 2004).....	82
Tabela 4. 3 Parâmetros usados para o rendimento de misturas de biodiesel.....	85
Tabela 4. 4 Produção das plantas de biodiesel no Brasil em 2010.....	88
Tabela 4. 5 Consumo de insumos por tonelada de biodiesel.....	89
Tabela 4. 6 Valores monetários (R\$ mi de 2004) dos principais insumos e fatores de produção usados na planta produtora de óleo (e torta) de soja e na planta de biodiesel pela rota etílica com capacidade de produção de 125.000 t ao ano	91
Tabela 4. 7 Valores monetários (R\$ mi de 2004) dos principais insumos e fatores de produção usados na planta produtora de óleo (e torta) de soja e na planta de biodiesel pela rota metélica, com capacidade de produção de 125.000 t ao ano	92
Tabela 4. 8 Valores dos produtos na planta padrão de biodiesel anexa à esmagadora de soja	93
Tabela 4. 9 Coeficientes técnicos diretos dos principais insumos da rota de produção verticalizada de biodiesel a partir da soja	95
Tabela 4. 10 Valores dos produtos na planta padrão de biodiesel a partir de óleo de soja	96
Tabela 4. 11 Valores monetários e coeficientes técnicos diretos dos insumos e fatores de produção usados na planta padrão de biodiesel a partir de óleo de soja pela rota etílica.....	97
Tabela 4. 12 Consumo de insumos por tonelada de biodiesel a partir de sebo bovino em uma planta com capacidade de produção anual de 125.000 t.....	100
Tabela 4. 13 Valores monetários (R\$ mi de 2004) anuais estimados dos principais insumos e fatores de produção usados em um frigorífico com uma planta anexa de biodiesel a partir de sebo bovino, com capacidade para produzir 125.000 toneladas anuais de biodiesel	102
Tabela 4. 14 Valores dos produtos na planta padrão de biodiesel anexa a um frigorífico	103
Tabela 4. 15 Coeficientes técnicos diretos dos principais insumos da rota de produção verticalizada de biodiesel a partir de sebo bovino pela rota metélica	104
Tabela 4. 16 Consumo de insumos por tonelada de biodiesel produzido na planta a partir de óleo de bruto de algodão pela rota metélica com capacidade de produção de 125.000 t ao ano	106
Tabela 4. 17 Valores dos produtos na planta padrão de biodiesel a partir de óleo de algodão ...	106
Tabela 4. 18 Valores monetários e coeficientes técnicos diretos dos insumos e fatores de produção usados na planta padrão de biodiesel a partir de óleo bruto de algodão.....	108

Tabela 4. 19 Consumo de insumos por tonelada de biodiesel produzido na planta a partir de óleo de girassol familiar pela rota etílica com capacidade de produção de 125.000 t ao ano	109
Tabela 4. 20 Valores dos produtos obtidos na planta padrão de biodiesel a partir de óleo de girassol proveniente de agricultura familiar	110
Tabela 4. 21 Valores monetários e coeficientes técnicos diretos dos insumos e fatores de produção usados na planta padrão de biodiesel a partir de óleo de girassol proveniente de agricultura familiar	111
Tabela 4. 22 Parâmetros técnicos das despesas da produção de girassol e do esmagamento dos grãos nas cooperativas	113
Tabela 4. 23 Valores monetários (R\$ de 2004) das despesas anuais totais da fase agrícola e do esmagamento de 1.200.000 kg de grãos de girassol.....	114
Tabela 4. 24 Valores da produção de óleo e da torta de girassol em uma cooperativa de agricultores familiar típica.....	115
Tabela 4. 25 Coeficientes técnicos diretos dos principais insumos da produção de óleo (e torta) de girassol através da agricultura familiar.....	117
Tabela 4. 26 Nível de agregação setorial do Balanço Energético Nacional consolidado	119
Tabela 4. 27 Produção e importação de energia primária no Brasil em 2004.....	120
Tabela 4. 28 Emissões totais dos gases de efeito estufa no Brasil (Gg).....	122
Tabela 4. 29 Emissões totais de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O em CO ₂ eq (Gg).....	123
Tabela 5. 1 Quadro para identificação das rotas, dos cenários e dos indicadores quantificados nas seções e subseções do Capítulo 5	127
Tabela 5. 2 Impactos de um cenário B1 com produção verticalizada de biodiesel a partir da soja e com redução das exportações de soja	130
Tabela 5. 3 Impactos com produção verticalizada de biodiesel a partir da soja (rota etílica) – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral	132
Tabela 5. 4 Impactos com produção verticalizada de biodiesel a partir da soja – uso de toda a soja exportada para a produção de biodiesel.....	133
Tabela 5. 5 Impactos da produção verticalizada de biodiesel de soja – cenário B4,11 rota metílica	135
Tabela 5. 6 Balanço energético, emissões e indicadores socioeconômicos da produção de óleo diesel mineral no Brasil	136
Tabela 5. 7 Indicadores socioeconômicos da produção verticalizada de biodiesel a partir da soja	137
Tabela 5. 8 Conteúdo energético dos produtos associados à produção de biodiesel.....	137
Tabela 5. 9 Balanço energético da produção verticalizada de biodiesel a partir da soja, para diferentes critérios de alocação	138
Tabela 5. 10 Balanço de emissões de GEE da produção verticalizada de biodiesel a partir da soja, para diferentes critérios de alocação.....	140
Tabela 5. 11 Impactos de um cenário B1 com produção de biodiesel a partir de óleo de soja e com redução das exportações de óleo bruto de soja.....	143
Tabela 5. 12 Impactos da produção de biodiesel a partir do óleo de soja (rota etílica) – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral	145
Tabela 5. 13 Impactos da produção de biodiesel a partir de óleo de soja – uso de todo o óleo bruto de soja exportado para a produção de biodiesel	147
Tabela 5. 14 Impactos da produção de biodiesel a partir de óleo de soja – uso de toda a soja e todo o óleo bruto de soja exportado para a produção de biodiesel.....	148
Tabela 5. 15 Impactos da produção de biodiesel de óleo de soja – cenário B4,11 rota metílica	149
Tabela 5. 16 Indicadores socioeconômicos da produção de biodiesel a partir do óleo de soja...	151

Tabela 5. 17 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de soja	152
Tabela 5. 18 Balanço de emissões de GEE da produção de biodiesel a partir do óleo de soja ...	154
Tabela 5. 19 Impactos de um cenário B1 com produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino	156
Tabela 5. 20 Impactos com produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino – cenário de aproveitamento máximo do sebo animal bovino para produção de biodiesel pela rota ética ...	158
Tabela 5. 21 Impactos da produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino – cenário B0,69 rota 90% metálica e 10% ética	160
Tabela 5. 22 Indicadores socioeconômicos da produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino	161
Tabela 5. 23 Balanço energético da produção verticalizada de biodiesel a partir de sebo bovino	162
Tabela 5. 24 Balanço de emissões de GEE da produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino	164
Tabela 5. 25 Impactos de um cenário B1 com produção de biodiesel a partir de óleo de caroço de algodão	166
Tabela 5. 26 Impactos da produção de biodiesel de óleo de algodão – cenário B0,12 rota metálica	168
Tabela 5. 27 Indicadores socioeconômicos da produção de biodiesel a partir do óleo de algodão	169
Tabela 5. 28 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de algodão	170
Tabela 5. 29 Balanço de emissões de GEE da produção de biodiesel a partir do óleo de algodão	172
Tabela 5. 30 Impactos de um cenário B1 com produção de biodiesel a partir de óleo de girassol de agricultura familiar	175
Tabela 5. 31 Impactos da produção de biodiesel a partir do óleo de girassol de agricultura familiar (rota ética) – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral	177
Tabela 5. 32 Indicadores socioeconômicos da produção de biodiesel a partir do óleo de girassol de agricultura familiar	179
Tabela 5. 33 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de girassol de agricultura familiar	180
Tabela 5. 34 Balanço de emissões de GEE da produção de biodiesel a partir do óleo de girassol de agricultura familiar	182
Tabela 5. 35 Balanço energético, emissões e indicadores socioeconômicos da produção de gasolina no Brasil	183
Tabela 5. 36 Indicadores socioeconômicos da produção de etanol	184
Tabela 5. 37 Conteúdo energético dos produtos associados à produção de biodiesel.....	185
Tabela 5. 38 Indicadores do balanço de energia da produção de etanol	186
Tabela 5. 39 Balanço de emissões de GEE associados ao etanol de cana-de-açúcar.....	187
Tabela 5. 40 Comparação dos cenários B1 nas cinco rotas de produção de biodiesel avaliadas	189
Tabela 5. 41 Comparação dos cenários com potencial máximo de produção de biodiesel.....	192
Tabela 5. 42 Comparação dos cenários supondo-se as respectivas participações observadas em 2010	194
Tabela 5. 43 Comparação dos indicadores socioeconômicos e ambientais das cinco rotas avaliadas	196
Tabela A. 1 Lista de 42 setores (agregação 42 setores e 80 produtos).....	212
Tabela A. 2 Lista de 80 produtos (agregação 42 setores e 80 produtos).....	213
Tabela A. 3 Lista de 56 setores (agregação 56 setores e 110 produtos).....	214

Tabela A. 4 Lista de 110 produtos (agregação 56 setores e 110 produtos).....	215
Tabela B. 1 Erros cometidos no valor da produção da economia de 2008 usando-se a matriz de insumo-produto estimada para 2004.....	216
Tabela D. 1 Coeficientes de energia primária (tep/R\$ milhão de 2004)	241
Tabela D. 2 Coeficientes de emissões de GEE (Gg/R\$ milhão de 2004)	243

Nomenclatura

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ACV – Análise de Ciclo de Vida
ALICE – Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet
ANP – Agência Nacional de Petróleo
BEN – Balanço Energético Nacional
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BXX – teor de XX% de biodiesel misturado ao óleo diesel mineral, em volume
B0 – Óleo diesel mineral, sem adição de biodiesel
CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CIA – Central Intelligence Agency
CO₂eq – Dióxido de Carbono equivalente
EIOLCA – Economic Input-Output Life Cycle Assessment
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
FAO – Food and Agriculture Organization
GEE – Gases de Efeito Estufa
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IEA – International Energy Agency
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados
LSPAG – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola
MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MME – Ministério de Minas e Energia
OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development
ONU – Organização das Nações Unidas
OPEP – Organização dos países exportadores de petróleo
PAM – Produção Agrícola Municipal

PCI – Poder Calorífico Inferior

PIA – Pesquisa Industrial Anual

PIB – Produto Interno Bruto

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNE – Plano Nacional de Energia

PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel

tep – Tonelada Equivalente de Petróleo

TIR – Taxa Interna de Retorno

UNDP – United Nations Development Programme

UBRABIO – União Brasileira do Biodiesel

SUMÁRIO

Introdução	1
Capítulo 1	5
Biocombustíveis e biodiesel no mundo	5
1.1 Considerações iniciais.....	5
1.2 O consumo mundial de combustíveis fósseis.....	6
1.3 Biocombustíveis: oportunidades e desafios.....	9
1.3.1 Países desenvolvidos.....	12
1.3.2 Países em desenvolvimento.....	13
1.3.3 Países em vias de desenvolvimento.....	15
1.4 Bioetanol e biodiesel: os principais biocombustíveis da atualidade.....	18
1.4.1 Bioetanol.....	21
1.4.2 Biodiesel.....	23
Capítulo 2	27
Biodiesel no Brasil	27
2.1 Considerações iniciais.....	27
2.2 Panorama energético brasileiro.....	27
2.2.1 O consumo de óleo diesel no Brasil.....	33
2.3 O Programa de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB.....	35
2.4 O mercado de farelo de soja e de óleos vegetais no Brasil.....	41
2.5 Sumário do capítulo.....	46
Capítulo 3	48
Metodologia	48
3.1 O modelo básico aberto de insumo-produto.....	48
3.2 Estruturas tecnológicas no modelo aberto de insumo-produto.....	57
3.2.1 Tecnologia baseada na indústria.....	61
3.2.2 Tecnologia baseada no produto.....	63
3.2.3 Modelo proposto com tecnologia mista.....	65
Capítulo 4	76
Dados e hipóteses das rotas avaliadas	76
4.1 Perfil da produção de biodiesel no Brasil em 2010.....	76
4.2 Obtenção da matriz de insumo-produto de 2004 referente ao caso base.....	78
4.2.1 Estimativa de uma matriz de insumo-produto a partir das tabelas de recursos e usos.....	78
4.2.2 Avaliação do erro ao se usar a matriz de 2004 para avaliar os impactos sobre a economia brasileira em 2008.....	79
4.2.3 Desagregação de setores e produtos de interesse para o modelo implementado.....	79
4.3 Dados das rotas de produção de biodiesel.....	82
4.3.1 Variação do preço do óleo diesel mineral e do biodiesel.....	84
4.3.2 Perfil da capacidade de produção das plantas de biodiesel.....	86
4.3.3 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja.....	88
4.3.4 Produção de biodiesel a partir do óleo de soja.....	95
4.3.5 Produção verticalizada de biodiesel a partir de sebo bovino.....	98
4.3.6 Produção de biodiesel a partir de óleo de algodão.....	104
4.3.7 Produção de biodiesel a partir de óleo de girassol obtido por agricultores familiares.....	108
4.3.8 Produção familiar de óleo de girassol para a produção de biodiesel.....	112
4.4 Coeficientes de energia primária.....	117

4.5 Coeficientes de emissões de gases de efeito estufa	121
Capítulo 5	126
Impactos e indicadores das rotas avaliadas	126
5.1 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja.....	128
5.1.1 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja – cenário B1	128
5.1.2 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral.....	130
5.1.3 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja – uso de toda a soja exportada para a produção de biodiesel	132
5.1.4 Impactos com a participação da rota de produção verticalizada de biodiesel de soja em 2010 – cenário B4,11 rota metálica.....	134
5.1.5 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja – indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa	135
5.2 Produção de biodiesel a partir de óleo de soja.....	141
5.2.1 Produção de biodiesel a partir de óleo de soja – cenário B1	141
5.2.2 Produção de biodiesel a partir de óleo de soja – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral.....	144
5.2.3 Produção de biodiesel a partir de óleo de soja – uso de todo o óleo bruto de soja exportado para a produção de biodiesel	145
5.2.4 Impactos com a participação da rota de produção de biodiesel de óleo de soja em 2010 – cenário B4,11 rota metálica.....	149
5.2.5 Produção de biodiesel a partir do óleo soja – indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa.....	150
5.3. Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino	155
5.3.1 Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino – cenário B1	155
5.3.2 Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino – cenário de aproveitamento máximo do sebo animal bovino para produção de biodiesel.....	157
5.3.3 Impactos com a participação da rota de produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino em 2010 – cenário B0,69 rota metálica.....	158
5.3.4 Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino – indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa	160
5.4 Produção de biodiesel a partir de óleo de algodão	165
5.4.1 Produção de biodiesel a partir de óleo de algodão – cenário B1	165
5.4.2 Impactos com a participação da rota de produção de biodiesel de óleo de algodão em 2010 – cenário B0,12 rota metálica.....	167
5.4.3 Produção de biodiesel a partir do óleo de algodão – indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa	169
5.5 Produção de biodiesel a partir de óleo de girassol familiar.....	173
5.5.1 Produção de biodiesel a partir de óleo de girassol familiar – cenário B1	173
5.5.2 Produção de biodiesel a partir de óleo de girassol da agricultura familiar – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral	176
5.5.3 Produção de biodiesel a partir do óleo de girassol de agricultura familiar – indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa....	178
5.6. Indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa da produção de etanol	183
5.7 Sumário e comparação das rotas e cenários de produção de biodiesel avaliadas.....	188
5.7.1 Comparação dos cenários B1	188

5.7.2 Comparação dos cenários com potencial máximo de produção de biodiesel – rotas a partir da soja e a partir do sebo bovino.....	191
5.7.3 Comparação dos cenários supondo-se as respectivas participações observadas em 2010	193
5.7.4 Comparação dos indicadores socioeconômicos e ambientais das cinco rotas avaliadas	195
Capítulo 6	198
Conclusões	198
6.1 A produção de biodiesel no Brasil e as avaliações feitas nesta tese.....	198
6.2 Discussão sobre resultados relevantes.....	199
6.3 Conclusões sobre a metodologia utilizada.....	202
6.4 Sugestões para novos estudos.....	203
Referências Bibliográficas	205
Anexo A	212
Listas de setores e produtos	212
Anexo B	216
Comparação dos impactos na economia em 2008 usando-se a matriz de insumo-produto estimada para 2004	216
Anexo C	217
Matriz de coeficientes técnicos diretos	217
Anexo D	241
Coefficientes de energia primária e de emissões de GEE	241

Introdução

Além do etanol, o biodiesel tem chamado à atenção como um biocombustível capaz de reduzir, em parte, as emissões de gases de efeito estufa (GEE) dos derivados do petróleo e riscos de segurança de suprimento energético. O biodiesel, combustível que pode ser obtido a partir da reação de óleos vegetais ou gorduras animais com um álcool, pode ser usado puro (chamado de B100) nos motores de ciclo diesel, ou misturado em qualquer proporção ao diesel de origem mineral (KNOTHE, 2006). Atualmente, o processo de transesterificação é o mais usado para a fabricação do biodiesel, do qual se pode obter a glicerina como co-produto.

De modo aproximado, a partir de 100 kg de óleo vegetal e 10 kg de álcool, obtém-se 100 kg de biodiesel e 10 kg de glicerina (KNOTHE, 2006). A produção de biodiesel, a partir de óleos vegetais, possui esta matéria-prima como seu principal insumo, sendo possível de ser obtida a partir de várias culturas agrícolas, como colza, soja, amendoim, mamona, girassol, palma, caroço de algodão, entre outras.

A produção de biodiesel pode ser uma via interessante para gerar emprego e renda em muitos países em desenvolvimento, ou até mesmo em vias de desenvolvimento, através do aproveitamento energético de muitas culturas agrícolas.

No Brasil, o governo federal criou o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), um programa interministerial com o objetivo de implementar de forma sustentável a produção e uso do biodiesel, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda. As principais diretrizes do PNPB são (BRASIL, MME, 2011):

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

A Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, estabelece que deva ser adicionado, em base volumétrica, no mínimo 2% de biodiesel ao diesel (B2) em 2008, e 5% (B5) em 2013. Antecipando o calendário da Lei nº 11.097, a partir de julho de 2008 e julho de 2009, as misturas B3 e B4, respectivamente, tornaram-se obrigatórias, e, a partir de janeiro de 2010, tornou-se obrigatória a mistura B5. A mistura B5 representou um volume de 2,4 bilhões de litros de biodiesel em 2010 (ANP, 2011); supondo-se que essa quantidade fosse produzida inteiramente a

partir da soja com expansão da área cultivada, seria exigida uma área adicional em torno de 5,0 milhões de hectares, aproximadamente 20% da área ocupada por soja no país em 2010, ou em torno de 50% de toda a área cultivada com cana-de-açúcar.

Há oportunidades de geração de emprego, renda e de desenvolvimento regional para o Brasil a partir de um programa de produção de biodiesel, além do Programa poder contribuir para a redução da importação do diesel, que foi de 2,7 bilhões de litros em 2004 e 9,0 bilhões em 2010 (EPE, 2011).

Entretanto, se por um lado o país possui uma vasta extensão territorial com uma imensa quantidade de terras aptas para a expansão da atividade agrícola e com muitas oleaginosas apropriadas para a produção do biodiesel, questões relacionadas à garantia da produção, à discussão do modelo agrícola e à competitividade do produto se colocam como questões fundamentais para o sucesso do programa.

O objetivo principal deste trabalho é avaliar os impactos e indicadores socioeconômicos e ambientais, no nível nacional, de cenários das principais rotas de produção de biodiesel no Brasil entre 2005 e 2009, tendo como referência o Anuário da Indústria de Biodiesel no Brasil (BIODIESELBR, 2010), e considerando a estrutura produtiva do país em 2004, de acordo com a estimativa da matriz de insumo-produto do Brasil baseada nas tabelas de recursos e usos do ano de 2004 (IBGE, 2010).

Como o aumento da atividade econômica de um setor traz impactos sobre as atividades de outros setores, como consequência da interligação envolvida em toda a cadeia produtiva da economia, as avaliações dos impactos e indicadores devem ser mensuradas levando-se em consideração esses efeitos diretos e indiretos. Para quantificá-los, foi desenvolvido e implementado um modelo de insumo-produto que permite a combinação de várias tecnologias para a produção de biodiesel.

Os impactos e indicadores, para um modelo de insumo-produto no qual a economia está agregada em 73 setores e 120 produtos, são avaliados em relação às seguintes variáveis:

- Nível de atividade setorial;
- Valor adicionado (PIB) setorial;
- Empregos gerados, com avaliação do nível renda;
- Balanço de energia incorporada;

- Balanço de emissões de gases de efeito estufa (GEE) – CO₂, CH₄ e N₂O.

Esta tese possui um caráter investigativo para avaliar impactos e indicadores socioeconômicos e ambientais das principais rotas de produção de biodiesel no Brasil, usando a análise de insumo-produto como metodologia para essa finalidade. A seguir, são destacados os objetivos principais e secundários da tese.

Objetivos principais:

1. Comparar impactos e indicadores socioeconômicos e ambientais das principais rotas de produção de biodiesel no Brasil, levando-se em consideração os efeitos diretos e indiretos relativos à fase agrícola e industrial dentro da estrutura econômica do país;
2. Propor e aplicar uma extensão metodológica da análise de insumo-produto para avaliar impactos socioeconômicos e ambientais devido à inserção de uma nova atividade na economia.

Objetivos secundários:

1. Comparar as diferenças entre rotas baseadas em modelo agrícola *agribusiness* e em modelo agrícola apoiado na agricultura familiar;
2. Comparar as rotas metélica e étlica da produção de biodiesel em relação aos impactos e indicadores socioeconômicos e ambientais;
3. Comparar os indicadores socioeconômicos e ambientais das rotas de produção de biodiesel com os da produção de óleo diesel mineral;
4. Avaliar os indicadores socioeconômicos e ambientais para o biodiesel em função do teor de biodiesel na mistura com o óleo diesel mineral usado na economia;
5. Avaliar os indicadores socioeconômicos e ambientais para o etanol em função do teor de biodiesel na mistura com o óleo diesel mineral usado na economia.

Para abordar o tema proposto, esta tese está organizada em seis capítulos, descritos a seguir.

No Capítulo 1 é apresentada revisão da literatura a respeito dos biocombustíveis, em geral, e do biodiesel, em particular, enquanto no Capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica a respeito da inserção da indústria de biodiesel no Brasil.

No Capítulo 3 é feita a descrição da metodologia proposta e empregada neste trabalho e no Capítulo 4 é feita a descrição dos dados e das hipóteses assumidas nas rotas de biodiesel avaliadas.

No Capítulo 5 são apresentados os resultados, em termos dos impactos e indicadores socioeconômicos e ambientais, das rotas e cenários de produção de biodiesel considerados. Especificamente, foram avaliadas duas rotas de produção a partir do óleo de soja, uma rota a partir do sebo bovino, uma a partir do óleo de caroço de algodão e outra a partir do óleo de girassol obtido a partir de cooperativas de agricultores familiares.

Finalmente, no Capítulo 6, são apresentadas as conclusões do trabalho, como também as considerações finais sugerindo a continuidade do estudo em alguns assuntos específicos.

Capítulo 1

Biocombustíveis e biodiesel no mundo

1.1 Considerações iniciais

Neste capítulo será apresentado o contexto dos biocombustíveis no mundo. Inicialmente será exposto sobre o consumo mundial de combustíveis, em particular sobre a produção e consumo dos combustíveis fósseis. Em seguida, serão abordados tópicos gerais sobre o bioetanol e o biodiesel, os principais biocombustíveis que têm sido produzidos e consumidos atualmente, bem como as oportunidades e desafios que os países se defrontam com esses combustíveis. A parte final do capítulo será destinada a tecer com maiores detalhes aspectos do biodiesel, com uma breve discussão dos temas que são controversos em relação a sua adoção como fonte energética alternativa.

Para facilitar o entendimento do texto que vem a seguir, é conveniente estabelecer as seguintes definições:

- (i) Combustíveis fósseis: correspondem às fontes primárias de energia petróleo, carvão mineral e gás natural, usadas diretamente como fontes energéticas ou como fontes para a produção de energia secundária, como os combustíveis derivados do petróleo;
- (ii) Biocombustíveis: são todos os combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos produzidos a partir de biomassa (DERMIBAS, 2008 a), conjunto do qual fazem parte, naturalmente, o bioetanol e o biodiesel. Os biocombustíveis são obtidos a partir de processos bioquímicos ou termoquímicos, sendo usadas como matérias-primas uma grande variedade de culturas e resíduos agrícolas, resíduos e co-produtos florestais, gorduras animais, óleos de fritura usados e até mesmo resíduos municipais e esgotos. O termo biocombustíveis está associado, normalmente, aos combustíveis líquidos usados no setor de transportes, mas é empregado, também, àqueles usados na combustão direta para a geração de calor e de eletricidade (BALAT, 2007).
- (iii) Bioetanol: etanol combustível obtido a partir de culturas agrícolas como cana-de-açúcar, milho, beterraba, entre outras;

(iv) Biodiesel: combustível composto de mono-alkilésteres de ácidos graxos de cadeias longas, derivados, em sua maior parte, de óleos vegetais ou de gorduras animais, sendo denominado de B100 (BIODIESELBR, 2010).

1.2 O consumo mundial de combustíveis fósseis

A intensificação da produção e uso de energia pela humanidade, desde a revolução industrial, a partir da metade do século XVIII, propiciou mudanças extremas no modo de produção e consumo, principalmente dos países que conseguiram se beneficiar do modelo de produção associado a esse padrão. Fato é que o uso da energia é um elemento essencial para o desenvolvimento das nações, sendo observada uma correlação positiva entre os indicadores de desenvolvimento humano e de consumo de energia per capita dos países (UNDP, 2007).

O carvão mineral foi o grande motor da revolução industrial, tendo sido superado pelo petróleo somente a partir da segunda metade do século XX. Atualmente, a matriz energética mundial está alicerçada no consumo de combustíveis fósseis – tipicamente o petróleo, o carvão mineral e o gás natural. A Figura 1.1 mostra a participação da oferta mundial de energia primária por fonte em 2008; em ordem de importância em relação ao conteúdo energético, petróleo, carvão mineral e gás natural responderam por 81,3% do total.

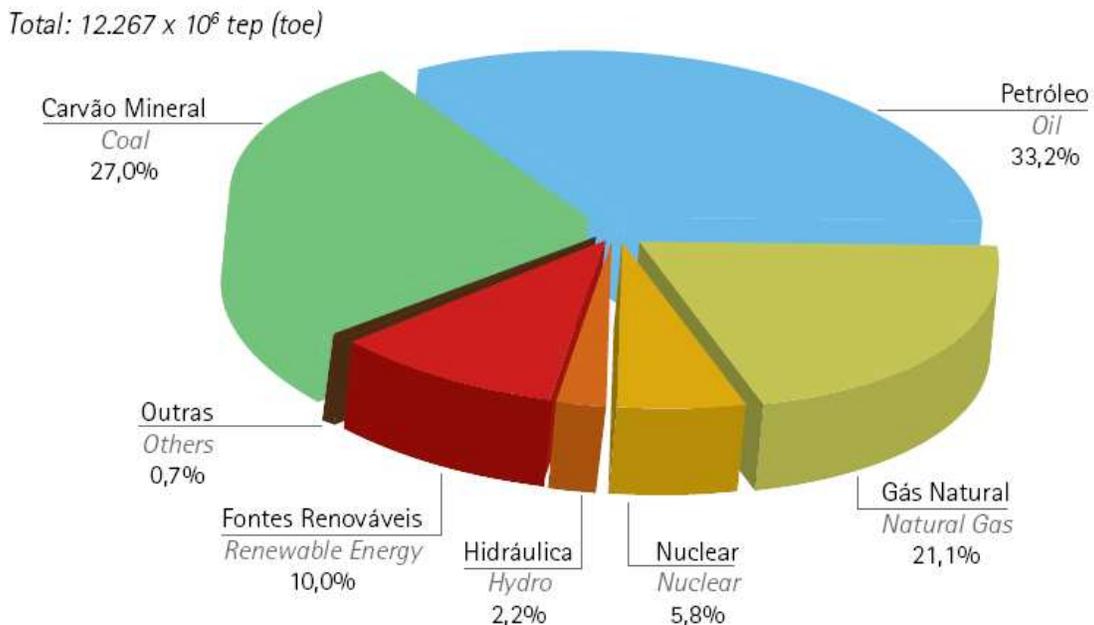


Figura 1. 1 Participação da oferta mundial de energia primária por fonte em 2008

Fonte: EPE (2011)

O uso das fontes fósseis de energia primária é bastante diferenciado; o petróleo é majoritariamente usado para a produção de energia secundária – os derivados do petróleo –, como gasolina e óleo diesel, que são combustíveis usados principalmente no setor de transporte; o carvão mineral é usado predominantemente para a geração de energia elétrica; e o gás natural é usado em sua maior parte para a geração de eletricidade e para consumo industrial como fonte de calor (EPE, 2011).

Entretanto, ao uso dos combustíveis fósseis, que são fontes de energia não renováveis, estão atreladas duas questões de importância e relevância global:

(i) em termos econômicos, particularmente em relação ao petróleo, o aumento crescente da demanda – motivado recentemente pelo crescimento econômico das economias emergentes – e a possibilidade de escassez¹ em um período inferior a 50 anos apontam para um cenário de preços elevados. Adicionalmente, os principais países produtores de petróleo se encontram em região do planeta com problemas geopolíticos frequentes, trazendo preocupações no que diz respeito à segurança energética dos principais países importadores, notadamente os países desenvolvidos do hemisfério norte, além de China e Índia, como mostra a Tabela 1.1.

(ii) em termos ambientais, o problema central refere-se às emissões de gases de efeito estufa – GEE, especialmente o dióxido de carbono (CO₂), que podem causar elevações da temperatura média do planeta em níveis perigosos, a ponto de colocar em risco boa parte da fauna e da flora do planeta, provocar o derretimento das geleiras e mudar de forma severa as condições climáticas globais, podendo ameaçar a produção agrícola em extensas áreas do planeta, principalmente os países em vias de desenvolvimento localizados na porção intertropical (IPCC, 2007).

Particularmente em relação ao petróleo – cujo pico de produção dos países não OPEP, em relação à extração convencional, é previsto para antes de 2015 (IEA, 2009) –, os aspectos relativos à dependência energética, expectativa de aumento crescente dos preços e a necessidade

¹ Em termos da exploração convencional dessas fontes como ocorre atualmente, a previsão de esgotamento de petróleo é de 40 anos, para o carvão mineral 200 anos e para o gás natural 70 anos. Entretanto, a previsão sobre a escassez dos combustíveis fósseis é um tema que traz uma boa dose de incerteza, e até mesmo de controvérsia, pelo fato de que muitos consideram a possibilidade de exploração não convencional dessas fontes em um futuro mais distante, ainda que a custos muito maiores, o que poderia aumentar consideravelmente o tempo de seus esgotamentos (JACCARD, 2007).

da redução das emissões de gases de efeito estufa trazem a necessidade de busca por alternativas, incluindo novas fontes de energia primária, novas tecnologias para produção de energia secundária e o aumento da eficiência energética.

Tabela 1. 1 Principais países importadores de petróleo e derivados em 2009, e principais países consumidores em 2010 (em milhão de barris diários)

País	Importação em 2009	País	Consumo em 2010
Estados Unidos	10,27	Estados Unidos	19,15
China	4,75	China	9,19
Japão	4,39	Japão	4,45
Coréia do Sul	3,07	Índia	3,18
Índia	3,06	Rússia	2,94
Alemanha	2,67	Brasil	2,65
Holanda	2,58	Arábia Saudita	2,64
França	2,22	Alemanha	2,50
Singapura	2,05	Coréia do Sul	2,25
Itália	1,80	Canadá	2,21
Espanha	1,58	México	2,07
Reino Unido	1,45	França	1,86

Fonte: CIA (2011)

O dióxido de carbono (CO₂) é o gás de efeito estufa (GEE) antrópico mais importante, sendo a queima de combustíveis fósseis sua principal fonte de aumento da concentração atmosférica (IPCC, 2007). Em termos globais, em 2004, o setor de transportes representou 23% das emissões relativas ao uso de energia de fóssil, dos quais 75% têm origem no transporte rodoviário (KAHN RIBEIRO et al., 2007).

A quantidade total de GEE emitida em relação à queima de combustíveis é função de aspectos demográficos, econômicos e da evolução tecnológica associada à produção e ao uso dos combustíveis. A expressão abaixo permite decompor esses efeitos:

$$Ecf = (Pop).(Rpc).(IE).(Eesp) \quad (1.1)$$

Onde:

Ecf = emissões totais globais de gases de efeito estufa devido à queima de combustíveis fósseis em um determinado ano;

Pop = população mundial em um determinado ano;

Rpc = renda *per capita* mundial;

IE = intensidade energética mundial, expressa em energia/PIB;

Eesp = intensidade de emissões de gases de efeito estufa por unidade de energia usada no mundo.

Em relação à expressão (1.1), supondo-se que de 2006 a 2050 a taxa média de crescimento populacional no mundo seja 0,79% ao ano (50% da taxa de crescimento médio entre 1970 e 2000), a taxa de crescimento da renda per capita seja 1,51% ao ano (a mesma no período de 1970 a 2000) e que a taxa de crescimento da intensidade energética seja -1,17% ao ano (igual à observada entre 1970 e 2000), para que as emissões em 2050 devido ao uso da energia sejam 10% menores das emissões em 2005 (cenário modesto em relação aos apresentados pelo IPCC (2007)), seria preciso que as emissões de GEE por unidade de energia em 2050 fossem 45,4% menores do que em 2005. É nesse sentido que se configura um dos maiores desafios colocados para o setor energético, no qual os biocombustíveis podem trazer uma contribuição.

1.3 Biocombustíveis: oportunidades e desafios

Dentro do contexto apresentado na seção anterior, há diversas razões para que os biocombustíveis sejam considerados como uma alternativa relevante tanto para os países desenvolvidos quanto para os países em desenvolvimento; essas razões incluem os aspectos relacionados à segurança energética, às preocupações ambientais, à economia de divisas pela redução da importação de petróleo e seus derivados, e ainda pelos aspectos do potencial de desenvolvimento econômico e social dos setores agrícolas envolvidos na produção de biocombustíveis (DERMIBAS, 2008 a).

Um dos fatores que mais tem contribuído para o aumento recente da produção de biocombustíveis no mundo está atrelado aos aspectos de natureza econômica. Como assinalado

por Wright (2006), os aumentos nos preços do barril do petróleo na presente década² levaram a se reconsiderar o interesse do uso da biomassa como fonte energética, o que inclui, naturalmente, os biocombustíveis. Para tanto, diversos países têm implementado políticas para a adoção de biocombustíveis em suas matrizes energéticas. Por exemplo, a Diretiva Européia 2003/30/EC estabeleceu que a participação de biocombustíveis no setor de transportes fosse de 2% em 2005 e 5,75% em 2010 (RUSSI, 2009); posteriormente, a participação de 5,75% foi adiada para 2020, também em função do debate surgido em 2008 sobre os efeitos indiretos da mudança do uso da terra (conhecido em inglês pela sigla ILUC – *indirect land use change*), bem como do conflito da produção de biocombustíveis e alimentos.

O mais recente estudo da IEA para 2050 prevê que os biocombustíveis cubram, no mundo, 20% da demanda energética em 2050, em um cenário em que grande parte da frota seria de veículos elétricos, híbridos e a células a combustível (IEA, 2010).

É importante que se destaque que os custos de produção dos biocombustíveis têm grande importância quando são analisados como substitutos, ainda que parciais, dos combustíveis fósseis, dado o elevado consumo de combustível pela sociedade moderna. Mesmo com os elevados preços do petróleo ao longo da última década, o custo de produção dos biocombustíveis é superior ao dos combustíveis fósseis convencionais, sendo exceção o etanol de cana produzido no Brasil (DEMIRBAS, 2008 a), que experimentou uma redução acentuada de seus custos desde a criação do Proálcool (VAN DEN WALL BAKE et al., 2009).

Atualmente, a produção mundial de biocombustíveis (majoritariamente etanol e biodiesel) é maciçamente apoiada no uso de culturas agrícolas, onde, geralmente, um nível elevado de subsídios ou incentivos fiscais é necessário para torná-los competitivos com os produtos energéticos derivados de petróleo, transformando-os, assim, em uma opção factível aos olhos do consumidor (WRIGHT, 2006; KULISIC et al., 2007; RUSSI, 2009). De acordo com Ejigu (2008), um aspecto fundamental no desenvolvimento e sucesso da produção de biocombustíveis

² Os aumentos nos preços de combustíveis fósseis têm sido explicados por uma combinação de fatores, como o aumento da demanda por países emergentes, como a China e a Índia, a redução da oferta de petróleo pelos países do Oriente Médio e pela especulação financeira global (ANON, 2006 apud WRIGHT, 2006).

em países como o Brasil, os Estados Unidos e países europeus tem sido justamente o uso de políticas que têm subsidiado esses setores para que eles pudessem se estabelecer³.

Na União Européia, há três práticas usadas para o estabelecimento de incentivos aos biocombustíveis: (i) subsídios para as atividades agrícolas concedidos através da *Common Agricultural Policy* (CAP), (ii) leis que fixam um percentual mínimo de biocombustíveis a ser adicionado nos combustíveis (*biofuel obligations*) e (iii) redução, ou mesmo eliminação das alíquotas de impostos, uma vez que estes representam em torno da metade dos preços dos combustíveis tradicionais. Evidentemente, essas três medidas têm significados financeiros próprios, que seriam pagos pela Comissão Européia (subsídios agrícolas), pelos governos (renúncia fiscal) e pelos consumidores (aumento do preço final dos combustíveis) (RUSSI, 2009).

Do ponto de vista da sustentabilidade, como destacam Sagar e Kartha (2007), ainda que a biomassa seja referida com frequência como uma fonte renovável, sua produção requer recursos não-renováveis (como fertilizantes e combustíveis fósseis), bem como depende de recursos que são finitos, como terra e água. Além do mais, se os biocombustíveis possuem externalidades positivas em relação aos fósseis, elas devem ser avaliadas em termos de outras alternativas que possam trazer os mesmos benefícios, em função das eventuais necessidades de subsídios (RUSSI, 2008 e RYAN et. al, 2006).

Ainda que a produção de biocombustíveis possa trazer benefícios no que se refere a aspectos socioeconômicos e ambientais, é fundamental destacar as diferenças de oportunidades, necessidades e desafios para os países desenvolvidos, os países em desenvolvimento e os em vias de desenvolvimento. Por exemplo, é importante distinguir as diferentes condições em relação à disponibilidade de terra para a expansão da atividade agrícola para a produção de biocombustíveis em cada país. Essas diferenças são acentuadas quando se comparam os países desenvolvidos que possuem extrema limitação para a expansão da área agrícola, como aqueles da Europa Ocidental e o Japão, com os países em vias de desenvolvimento que tem a oportunidade de expandir a sua fronteira agrícola para a produção de biocombustíveis (RUSSI, 2008).

³ Uma exceção, atualmente, é o etanol obtido a partir da cana-de-açúcar no Brasil, que consegue ser competitivo em relação à gasolina mesmo com o barril de petróleo situado em torno de US\$ 40, em função da curva de aprendizado percorrida pelo setor (van den WALL BAKE et al. 2009).

Particularmente, os desafios residem em transformar em realidade as oportunidades que se apresentam quanto ao uso da bioenergia para os países em vias de desenvolvimento. Embora a adoção moderna da biomassa como fonte de energia possa contribuir de modo positivo para os problemas da mudança climática e das condições de vida no meio rural, se sua implementação não ocorrer de modo adequado, efeitos adversos como a degradação do solo, dos recursos hídricos, de ecossistemas, e mesmo a redução da segurança alimentar e o aumento das emissões de GEE podem ocorrer (SAGAR e KARTHA, 2007). Os mesmos autores sustentam, ainda, que não é difícil explorar os aspectos sustentáveis da produção de bioenergia em pequena escala, e que, pelo contrário, o verdadeiro desafio reside em fazê-la sustentável considerando sua inserção em larga escala, de tal modo que ela possa ser uma parte significativa da oferta global necessária de energia limpa. Além do mais, a inserção da bioenergia como veículo para contribuir com o desenvolvimento sustentável depende de seu processo de produção, conversão e uso; isso quer dizer que sua adoção exige uma ampla visão das dimensões ambiental, social e econômica das condições em que ela é considerada.

Outro aspecto que tem ganhado importância recentemente no debate internacional sobre biocombustíveis deve-se aos impactos relativos à expressiva expansão de sua produção na primeira década deste século, bem como às expectativas causadas pelas projeções da produção de biocombustíveis em função das metas adotadas em diversos países do mundo, principalmente na União Européia e nos Estados Unidos. De acordo com Windhorst (2007), embora a produção de bioenergia não se constitua em uma ameaça até o presente momento, as possibilidades de sua intensa expansão ao longo deste século podem trazer, em função do aumento da demanda e da competição por terras agrícolas, impactos que resultem na elevação de preços das rações usadas por animais e aves, bem como no preço de alimentos, como carnes e ovos.

Nas subseções a seguir – 1.3.1, 1.3.2 e 1.3.3, respectivamente – são explorados aspectos mais específicos da produção de biocombustíveis em países desenvolvidos, países em desenvolvimento e países em vias de desenvolvimento.

1.3.1 Países desenvolvidos

Os países desenvolvidos são, em geral, grandes consumidores e grandes importadores líquidos de petróleo e derivados (ver Tabela 1.1). As necessidades desses países em relação aos biocombustíveis estão claramente definidas em termos de reduzir sua dependência energética em

relação ao fornecimento de petróleo; a oportunidade que possuem é aproveitar uma infraestrutura agrícola desenvolvida e já existente para a produção de alimentos, e expandi-la para a produção de biocombustíveis em larga escala, podendo fortalecer o interesse de agricultores que são capacitados em termos tecnológicos, fazendo uso, normalmente, do emprego de máquinas e tratores para o cultivo agrícola; como desafio, considerando-se os biocombustíveis de primeira geração, apresenta-se o fato de possuírem uma capacidade extremamente limitada de expandir sua fronteira agrícola, o que implica, na maior parte dos casos, em reduzir sua produção agrícola destinada à produção de alimentos para a produção de biocombustíveis. Evidentemente, em relação à capacidade e ao potencial de produção agrícola há uma diferença significativa de países como Estados Unidos e Canadá, que possuem uma grande extensão territorial, dos países da Europa Ocidental e do Japão que apresentam uma restrição muito maior nesse sentido.

1.3.2 Países em desenvolvimento

Para os países em desenvolvimento, as necessidades, oportunidades e desafios relacionados aos biocombustíveis são muito distintos. Considere-se a situação do Brasil, da China, da Índia e dos países do leste europeu.

A situação do Brasil será analisada em maior detalhe no capítulo seguinte (Capítulo 2), mas, resumidamente, o Brasil, que tem reduzido substancialmente sua dependência em relação às importações de petróleo – tornando-se exportador líquido desde 2006, como mostra a Figura 1.2 – é um país que, em 2010, apresentou participação de 50,5% (em volume) no consumo de etanol combustível em relação ao etanol somado à gasolina, e adicionou 5% de biodiesel ao óleo diesel consumido (EPE, 2011). Com uma possibilidade imensa de converter pastos degradados e até mesmo expandir sua fronteira agrícola, e com uma experiência de mais de 30 anos na produção de etanol a partir de cana-de-açúcar em larga escala, o país apresenta um dos maiores potenciais para a expansão da produção de biocombustíveis no mundo, tornando-se essa uma grande oportunidade (CGEE, 2009). Como desafio, cabe ao país estabelecer as condições para que a expansão da produção de biocombustíveis em larga escala ocorra de modo sustentável, e que não se propague ou não induza ao desmatamento de grandes biomas como o Pantanal e a Amazônia.

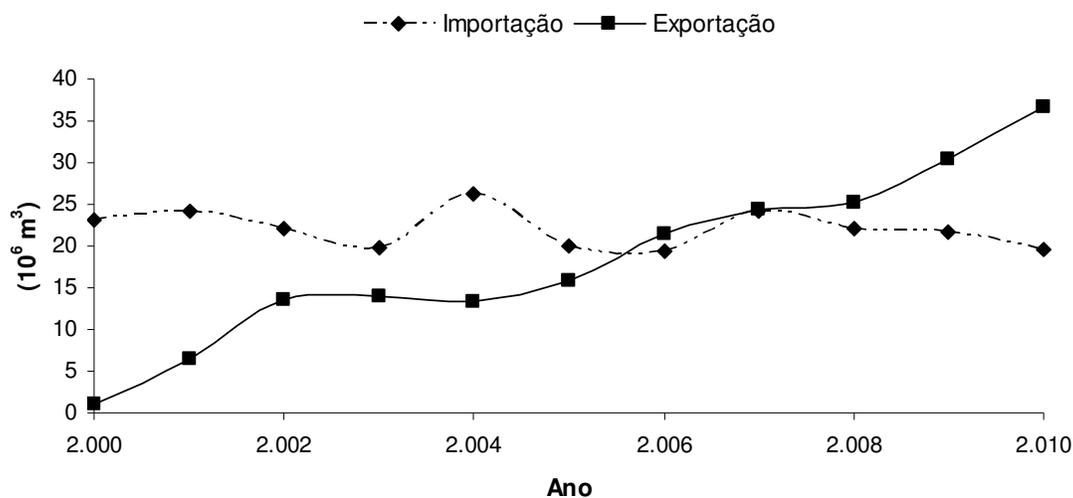


Figura 1. 2 Evolução das importações e exportações brasileiras de petróleo

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados do BEN 2010 (EPE, 2011)

A China tem apresentado taxas anuais de crescimento econômico expressivas durante as últimas duas décadas; em 2010, foi a segunda maior economia e o maior emissor de gases de efeito estufa do mundo, e, em 2009, o segundo maior consumidor de petróleo e derivados (CIA, 2011). Ao mesmo tempo, tornou-se um dos grandes consumidores e produtores mundiais de *commodities* (FAO, 2011); a previsão da manutenção de um ritmo de crescimento econômico acima da média mundial no cenário de referência até 2030 traz, como consequência, um aumento da dependência do país em relação às fontes fósseis, incluindo o petróleo (IEA, 2009). Ainda que o país asiático seja o quarto maior do mundo em extensão territorial, a dificuldade de expansão da fronteira agrícola pela indisponibilidade de novas áreas férteis, o fato de possuir a maior população do planeta e apresentar um ritmo contínuo de crescimento econômico, demandando o consumo de *commodities* em níveis cada vez maiores, faz com que tenha limitações para fazer da produção de biocombustíveis uma oportunidade para aliviar sua dependência energética crescente em relação ao petróleo.

A situação da Índia é similar à da China em relação ao ritmo de crescimento econômico experimentado, principalmente na última década, demandando, também, um consumo cada vez maior de petróleo, tendo sido o quinto maior importador mundial de petróleo e derivados em 2009 e o quarto maior consumidor em 2010 (CIA, 2011). Sendo superada somente pela China, a Índia é também um país muito populoso e apresenta limitações em relação à expansão da sua área

agrícola. Como um tradicional produtor de cana-de-açúcar (o 2º maior em 2010) para a produção de açúcar, fundamentado em um modelo de produção em pequenas propriedades, as oportunidades para a produção de biocombustíveis na Índia ficam limitadas para a redução de sua dependência em relação à importação de petróleo.

Após a queda do Muro de Berlim, em 1989, em função da influência do modelo econômico centralizado da ex União Soviética, entre outros motivos, alguns países do leste europeu apresentaram um crescimento econômico inferior à média mundial nas últimas duas décadas; a Romênia, por exemplo, apresentou um crescimento médio de 1,26% ao ano no período, enquanto a média mundial foi de 2,71% ao ano (THE WORLD BANK, 2011). A maior parte deles é, também, importador líquido de petróleo (EIA, 2011), mas, dentro do continente europeu, são os países que apresentam a maior parte das terras para expansão da área agrícola (FAO, 2003). Logo, para esses países, a produção de biocombustíveis de primeira geração é uma oportunidade econômica que pode levar ao fortalecimento do setor rural, considerando-se, especialmente, a oportunidade da exportação de biocombustíveis para os países vizinhos da Europa Ocidental que apresentam limitações para expandir sua área agrícola (RUSSI, 2008).

1.3.3 Países em vias de desenvolvimento

Os países em vias de desenvolvimento são, em sua maior parte, importadores líquidos de petróleo e possuem baixo nível de atividade econômica – com predominância do setor agropecuário no produto interno bruto (EJIGU, 2008). As observações a respeito desses países em vias de desenvolvimento são apresentadas considerando-se os países africanos, os países da América Latina e os países do sudeste asiático.

Os países subsaarianos estão entre os países mais pobres do mundo, com os menores índices de desenvolvimento humano (IDH). Esses países, assim como outros países asiáticos, fazem uso maciço da biomassa convencional (na maior parte dos casos biomassa sólida) como fonte de energia para cocção de alimentos de forma extremamente ineficiente, trazendo problemas severos para a saúde dessas populações em decorrência da emissão de fumaças tóxicas dentro das casas (JACCARD, 2005; SAGAR e KARTHA, 2007). Ejigu (2008) defende que o desenvolvimento de uma indústria de biocombustíveis, fundamentada na produção agrícola familiar em pequena escala, poderia contribuir para um aproveitamento energético moderno da

biomassa, reduzindo drasticamente os problemas de saúde das populações que fazem uso ineficiente da biomassa para cocção de alimentos.

É curioso observar, em particular, que os principais países africanos produtores de petróleo (Nigéria e Angola, por exemplo) são tão dependentes da biomassa tradicional como fonte de energia consumida domesticamente (em torno de 80% do total) quanto os demais, e estão mal posicionados em termos do IDH do mesmo modo também – Nigéria e Angola ocupam a 159^a e 161^a posições, respectivamente (EJIGU, 2008).

Em relação ao uso da biomassa tradicional como fonte energética, Ejigu (2008) argumenta que o aumento da dependência de seu uso nos países africanos contribui ainda mais para a redução do crescimento econômico, acelera o processo de desmatamento e de degradação ambiental e piora o meio de vida e o quadro de pobreza da população.

Na África, o uso moderno da biomassa pode ser de especial importância, onde aproximadamente 550 milhões de pessoas (75% da população africana subsaariana) dependem da biomassa tradicional (como madeira, carvão vegetal, esterco de vaca, etc.) e não tem acesso adequado à eletricidade ou qualquer outro tipo de serviço moderno de energia (EJIGU, 2008). Nas localidades remotas de áreas rurais, a transmissão e a distribuição de energia podem ser difíceis e caras. Nesse sentido, a produção de energia a partir de fontes locais e renováveis pode ser uma alternativa viável, podendo facilitar o desenvolvimento econômico e social nessas comunidades, desde que os projetos sejam devidamente planejados para as condições locais e com o envolvimento da comunidade (DEMIRBAS e DEMIRBAS, 2007).

Com predominância do emprego da mão-de-obra na agricultura, e com um bom potencial para expansão da produção agrícola, sejam em áreas já ocupadas ineficientemente com a atividade agropecuária ou em novas áreas, esses países enxergam na produção de biocombustíveis, naturalmente, uma grande oportunidade de desenvolvimento econômico e social. Parte dessa produção poderia ter como destino mercados externos de países desenvolvidos (que não teriam como atender a sua demanda com a produção doméstica, como mencionado anteriormente), e outra parte teria o próprio mercado interno, que poderia ser expandido em função de um aumento de suas rendas e do desenvolvimento de suas economias (SAGAR e KARTHA, 2007).

Entre diversos autores que enxergam no uso energético da biomassa moderna uma alternativa promissora, Ejigu (2008) chama a atenção para as possibilidades e benefícios da produção em pequena escala, que pode se constituir em uma fonte de renda, encorajando a formação de cooperativas agrícolas, que, por sua vez, facilitariam a adoção de melhores práticas agrícolas com o uso adequado de insumos. Ainda nessa ótica, Ejigu (2008) sustenta que as tecnologias para o aproveitamento energético moderno da biomassa são simples, facilmente transferíveis, constituindo-se basicamente nos processos de esmagamento para obtenção de óleo e de destilação para obtenção de álcool – ambos normalmente conhecidos pelas populações locais. Sendo assim, essas tecnologias poderiam ser operadas e mantidas com mão-de-obra local e com pouco treinamento, em contraste, por exemplo, com o uso de painéis solares para prover energia elétrica. Além de contribuir para o suprimento e a segurança energética locais, a produção de biocombustíveis em unidades de pequena escala (na qual o biodiesel se encaixa) oferece a possibilidade de exportar os excedentes produzidos.

Entretanto, há diversos autores que sustentam a posição que os potenciais benefícios socioeconômicos da produção de biocombustíveis não irão se materializar automaticamente. Para Sagar e Kartha (2007), os dois principais aspectos em que a bioenergia interage com benefícios socioeconômicos são: (i) a influência que a produção de biocombustíveis pode ter sobre a produção, os preços e a segurança alimentar – ainda mais levando-se em consideração que a maior parte da produção atual de biocombustíveis está apoiada em culturas agrícolas destinadas também à produção de alimentos, e (ii) a real contribuição que a produção de bioenergia pode trazer para melhorar, de modo sustentável, o desenvolvimento e o padrão de vida da enorme população rural nos países pobres.

Para os países africanos em vias de desenvolvimento, os maiores desafios para a implementação de uma indústria de produção de biocombustíveis reside na ausência de uma infraestrutura adequada para a sua introdução, particularmente, no que diz respeito à carência de uma estrutura logística, disponibilidade de mão-de-obra e estabilidades políticas e institucionais que permitam a garantia de suprimento de uma *commodity* energética (EJIGU, 2008).

No que diz respeito às condições para desenvolver uma indústria de biocombustíveis, alguns países em vias de desenvolvimento da América Latina encontram-se em situação institucional e de infraestrutura relativamente melhores aos países subsaarianos em vias de

desenvolvimento. A produção de biocombustíveis poderia suprir boa parte de sua demanda interna; adicionalmente, a proximidade dos países da América Central em relação aos Estados Unidos, aliada a acordos estabelecidos com esse país (como o *Dominican Republic – Central American Free Trade Agreement*, DR-Cafta, e o *Caribbean Basin Initiative – CBI*), têm trazido uma vantagem para a comercialização desse tipo de energético com o mercado norte americano (BNDES e CGEE, 2008).

Para os países do sudeste asiático, particularmente aqueles situados ao redor da linha do Equador, tem se apresentado uma oportunidade para a produção de óleos a partir de palmáceas para a produção de biodiesel; o maior desafio para esses países é expandir sua produção agrícola sem causar o desmatamento de florestas equatoriais. Os países asiáticos são aqueles que apresentam as maiores dificuldades de expandir suas fronteiras agrícolas de modo sustentável, sendo que alguns deles (situados no sudeste asiático) já teriam extrapolado esse limite (FAO, 2003).

1.4 Bioetanol e biodiesel: os principais biocombustíveis da atualidade

Mesmo com taxas de aumento de produção expressivas na última década, a participação dos biocombustíveis na matriz energética mundial é muito pequena; em 2010, eles representaram somente 0,5% do consumo global de energia primária (BP, 2011). Para os países que os tem adotado como parte de sua matriz energética, essa participação já se mostra mais relevante. Como mencionado na seção 1.3, o bioetanol e o biodiesel representam a quase totalidade dos biocombustíveis no mundo atualmente; em 2010, a produção de biodiesel e de etanol foram, respectivamente, iguais a 19,0 bilhões de litros e 86,0 bilhões de litros; entre 2005 e 2010, a produção mundial de etanol cresceu a uma taxa média anual de 23%, enquanto a de biodiesel cresceu 38% (REN21, 2011).

As projeções para a próxima década apontam para um aumento considerável da demanda por biocombustíveis, especialmente nos países desenvolvidos. Motivados pelas razões já mencionadas – segurança energética, reduções das emissões de GEE e fortalecimento socioeconômico das áreas rurais –, a diretiva europeia estabeleceu, para o ano de 2020, uma meta de participação de 10% de energia renovável nos países membros da Comunidade Europeia no setor de transportes; nos Estados Unidos, o *Renewable Fuels Standard* (RFS) estabelece a obrigatoriedade da mistura de 136 bilhões de litros de biocombustíveis (REN, 21).

Admitindo-se a prevalência das tecnologias de primeira geração para atender o aumento da demanda por biocombustíveis até meados da próxima década, essa projeção, em termos mundiais, tem trazido questionamentos sobre sua sustentabilidade, principalmente, no que diz respeito:

- (i) ao balanço das emissões de GEE em todo o ciclo produtivo dos biocombustíveis (com especial preocupação às emissões de GEE devido ao uso de fertilizantes nitrogenados na fase agrícola);
- (ii) aos reais benefícios socioeconômicos devido à sua adoção, considerando-se principalmente os impactos nos locais de produção;
- (iii) ao conflito com a produção de alimentos;
- (iv) aos impactos gerados na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos para atender a produção agrícola;
- (v) aos impactos causados na biodiversidade pela eventual mudança dos ambientes devido à produção agrícola.

Os cinco pontos acima mencionados são influenciados pela mudança do uso da terra, no que diz respeito aos efeitos diretos (i.e., a mudança de ocupação direta de uma área para produção de uma cultura agrícola para atender a produção de biocombustíveis) e pelos efeitos indiretos (i.e., a mudança de uma área para outra ocupação que fora induzida pela produção agrícola para produzir um biocombustível).

A necessidade de área agrícola destinada à produção de biocombustíveis depende de vários fatores, entre os quais, os mais importantes, podem ser citados: a matéria-prima agrícola escolhida para a produção do biocombustível, as condições edafo-climáticas da região a ser cultivada, as técnicas agrícolas aplicadas e a tecnologia referente à fase industrial da produção do biocombustível. Essa última variável – a tecnologia da fase industrial – tem sido alvo de grande investimento em P&D nos anos mais recentes (especificamente nesta década), essencialmente voltada para o que se chama de tecnologia de 2ª geração, isto é, tecnologias que visam o emprego de biomassa celulósica para a produção de biocombustíveis. Naturalmente, o advento dessas tecnologias pode aumentar a produção dos biocombustíveis por hectare cultivado, podendo reduzir significativamente a necessidade de área cultivada para a mesma demanda de biocombustível.

Ainda em termos das discussões relativas à sustentabilidade da produção dos biocombustíveis, há que se levar em consideração o efeito da escala de produção no modelo discutido. Na produção de biodiesel, especificamente, esse é um aspecto central quando se considera a possibilidade de expansão da produção do biocombustível apoiada no fornecimento de matéria-prima obtido, por exemplo, em cooperativas de agricultores familiares, ampliando as oportunidades dos benefícios socioeconômicos que seriam gerados pela grande oferta de empregos e renda.

Uma consideração específica pode ser dedicada aos entusiastas da produção familiar de biocombustíveis como uma saída para mitigar, em grande escala, o problema da pobreza dos países em vias de desenvolvimento. Esses entusiastas vêem nos biocombustíveis uma oportunidade para fixar o homem no campo, e ainda reduzir significativamente a pobreza dessas áreas. A Figura 1.3 apresenta um diagrama da distribuição do IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) e da participação da mão-de-obra empregada no setor agropecuário para 120 países do mundo. Nota-se que existe uma correlação entre essas duas variáveis, de tal modo que os países que apresentam os menores IDH's (ou seja, as piores condições de vida) são, em geral, aqueles que apresentam as maiores participações do emprego da mão-de-obra na atividade agropecuária.

Dos 120 países observados, 59 deles (incluindo o Brasil) apresentam IDH maior ou igual a 0,800, e destes, apenas 4 apresentam mais de 25% da mão-de-obra ocupada na agropecuária: Cazaquistão (IDH igual a 0,804), Turquia (IDH igual a 0,806), Albânia (IDH igual a 0,818) e Romênia (IDH igual a 0,837). Por outro lado, 69 países apresentam menos de 25% da mão-de-obra na agropecuária, dos quais 14 têm IDH inferior a 0,800 (20,3% deles); quando se analisa os países com menos de 10% da força de trabalho neste setor (44 países), apenas 4 possuem IDH inferior a 0,800: Suriname, África do Sul, Jordânia e Djibouti.

Essas observações sugerem que desenvolvimento significa emprego de tecnologia também na produção agrícola, intensiva no fator capital, com ganho de produtividade; fixar em larga escala o homem no campo e obter ganhos expressivos de qualidade de vida em um país parece ser um alvo mais difícil de ser atingido, e que não tem sido, até o presente, o caminho trilhado pela maioria dos países desenvolvidos.

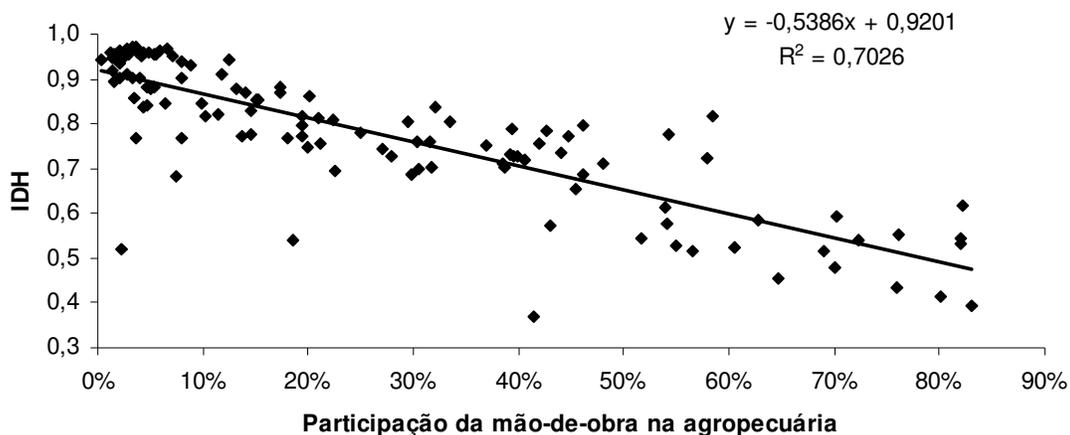


Figura 1. 3 Correlação entre IDH e percentual da mão-de-obra ocupada na agropecuária em 120 países

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações do Human Development Report 2006 (UNDP, 2007a).

De todo modo, a expansão da produção de biocombustíveis (essencialmente bioetanol e biodiesel) traz oportunidades e desafios que são, muitas vezes, apresentadas de modo tendencioso tanto por seus entusiastas como por seus céticos mais radicais (JACCARD, 2005).

1.4.1 Bioetanol

O bioetanol é uma opção para substituição parcial da gasolina, seja misturado a ela ou para uso exclusivo em motores dedicados à sua queima. Estados Unidos e Brasil são os maiores produtores e consumidores mundiais de bioetanol com finalidade energética, com um modelo produtivo fundamentado na produção em larga escala nas fases agrícola e industrial. A Tabela 1.2 exibe os principais produtores desse biocombustível em 2010. O bioetanol combustível é usado, na maior parte dos países, adicionado à gasolina em misturas chegando até 10% em volume, mas atingindo valores superiores em alguns casos, sendo exemplos o Brasil (onde o limite chega a 25%) e o estado de Minnesota (com 20%), nos Estados Unidos (REN21, 2011).

Particularmente no Brasil, o etanol (anidro), além de misturado à gasolina entre 18% e 25% em volume (E18 a E25, chamado de gasoálcool), é também consumido diretamente (etanol hidratado) em carros *flex fuel* – veículos que usam qualquer mistura de gasoálcool com álcool hidratado, ou em automóveis movidos exclusivamente a álcool hidratado. Os sucessos da indústria e do uso de etanol combustível no Brasil têm atraído a atenção e o interesse de

governos, produtores e cientistas em todo o mundo, nos países desenvolvidos, em desenvolvimento e nos em vias de desenvolvimento (NASS et al., 2007).

Tabela 1. 2 Maiores produtores mundiais de bioetanol em 2010

País	Produção (bilhão de litros)
Estados Unidos	49,0
Brasil	28,0
China	2,1
Alemanha	1,5
Canadá	1,4
França	1,1
Espanha	0,6
Demais países	2,3
Total	86,0

Fonte: REN21 (2011)

Nos Estados Unidos, o bioetanol anidro é também misturado à gasolina (em participações, em volume, que varia entre os estados americanos), ou consumido em automóveis que usam uma mistura com 85% de etanol (em volume) e 15% em gasolina – mistura E85.

A produção do bioetanol combustível é possível de ser feita através de várias matérias-primas, entre elas o milho (usado nos Estados Unidos), cana-de-açúcar (como, por exemplo, no Brasil), trigo e beterraba (usada em países europeus, como a França), entre outros. Os processos industriais mais usados atualmente para converter essas matérias-primas em etanol são dois, tipicamente: (i) o processo de hidrólise para a conversão do amido em etanol, adotado quando se usa o milho ou a mandioca como matérias-primas; (ii) o processo de fermentação para a conversão de açúcares, adotado quando se usa, por exemplo, a cana-de-açúcar ou a beterraba.

A escolha, ou na maior parte dos casos, a disponibilidade da matéria-prima para a produção do bioetanol, tem implicações econômicas significativas, pois a matéria-prima representa o principal componente de custos da produção de biocombustíveis. A matéria-prima possui, ainda, um desdobramento importante no que diz respeito à quantidade de biocombustível

produzido por hectare plantado. De fato, a produção de biocombustível por área cultivada depende dos rendimentos da fase agrícola (que é função das condições edafo-climáticas e do manejo agrícola usado) e da fase industrial.

As atuais tecnologias empregadas para produzir bioetanol, conhecidas como tecnologias de primeira geração, estão em estágio maduro de desenvolvimento técnico, industrial e comercial. As chamadas tecnologias de segunda geração⁴ contemplam a possibilidade de produção de biocombustíveis com o aproveitamento integral da biomassa, o que inclui o aproveitamento de uma ampla variedade de resíduos vegetais, e, particularmente, o potencial de conversão de materiais lignocelulósicos em biocombustível, aumentando, assim, a produção por hectare cultivado em relação às tecnologias de 1ª geração.

De fato, como a celulose (que é um polímero de glucose) é a molécula mais abundante no planeta, materiais lignocelulósicos podem se tornar a principal matéria-prima na produção de etanol; ainda existem muitos desafios técnicos e econômicos a serem superados para que as rotas de 2ª geração tornem-se viáveis em escala comercial, mas a evolução em termos de pesquisa e desenvolvimento tem sido expressiva nos últimos anos (GRAY, 2007). Entretanto, mesmo com o esforço mundial crescente de pesquisa na área, não se espera a produção em escala comercial com essas rotas até 2020 no cenário de referência da IEA (IEA, 2009).

1.4.2 Biodiesel

A primeira menção sobre uso de óleos vegetais em motores de combustão interna data de 1900, quando o engenheiro Rudolf Diesel empregou óleo vegetal de amendoim para demonstrar o funcionamento de um motor, em Paris. Entretanto, com a facilidade de extração e a grande disponibilidade de petróleo, sua drástica redução de custo fez do óleo diesel mineral o combustível usado nos motores de ciclo diesel. Ainda assim, a partir dos anos 1930, o uso de óleos vegetais como matéria-prima para a produção de derivados que pudessem ser usados como substitutos do óleo diesel mineral em situações de emergência (devido à possibilidade de escassez de fornecimento de petróleo) passou a ser estudado. No Brasil, as primeiras tentativas de uso de óleos vegetais e gorduras em motores de combustão interna datam da década de 1940 (POUSA et al., 2007).

⁴ Uma descrição detalhada sobre as rotas tecnológicas para a produção de etanol de 2ª geração, com a análise dos potenciais técnico e econômico, pode ser encontrada em Seabra (2008).

Ao longo do século passado, os óleos vegetais e os combustíveis possíveis de serem obtidos a partir de seu processamento sempre foram considerados como potenciais substitutos do óleo diesel mineral, especialmente nos momentos em que as ameaças de aumento expressivo de preços da fonte fóssil se apresentaram. A primeira patente para obtenção de éster etílico de óleos vegetais (o chamado biodiesel) foi depositada na Bélgica em 1937 (SUAREZ e MENEGHETTI, 2007).

Em termos tecnológicos, o principal motivo que justifica a conversão dos óleos vegetais em biodiesel (para serem usados em motores diesel) é sua viscosidade superior ao óleo diesel de petróleo, trazendo problemas operacionais nos motores, como a formação de depósitos (KNOTHE, 2006). Para reduzir essa viscosidade, vários processos têm sido considerados, como a diluição, a microemulsificação, a pirólise, o craqueamento catalítico e a transesterificação (DEMIRBAS, 2008 a).

Devido seu menor poder calorífico (em torno de 12,5% inferior ao petrodiesel), o uso de biodiesel puro (B100) nos motores diesel, comparado ao óleo diesel obtido a partir do petróleo, produz um pouco menos de torque e potência, resultando em um consumo um pouco superior. Entretanto, o biodiesel é vantajoso em termos de sua maior lubrificidade, do reduzido conteúdo de enxofre e de ser biodegradável (KNOTHE, 2006). Além do mais, como apontado por diversos autores, entre eles Demirbas (2008 a), o biodiesel pode trazer benefícios ambientais globais relativos à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), como também locais em termos da redução dos níveis de enxofre⁵ na atmosfera, à criação de empregos e a redução da migração de mão-de-obra das áreas rurais para as áreas urbanas.

Em substituição ao óleo diesel mineral, o biodiesel é uma alternativa ambientalmente correta e que pode ser usada em qualquer motor diesel (DEMIRBAS, 2008 a). Este biocombustível pode ser produzido a partir de uma grande variedade de matérias-primas, em plantas industriais de tecnologia relativamente simples, em larga ou pequena escala e com um custo de processamento industrial pouco expressivo (SAGAR e KARTHA, 2007).

No mundo, as matérias-primas que têm sido mais utilizadas para a produção de biodiesel são o óleo de soja, o óleo de canola e o óleo de palma, embora outras fontes, em menor escala,

⁵ De acordo com MacLean et al. (2000), a produção de óleo diesel mineral com baixos teores de enxofre apresenta custos mais elevados.

também são empregadas, como os óleos vegetais obtidos a partir das sementes de girassol, caroço de algodão e pinhão manso, assim como óleos de fritura e gordura animal (BIODIESELBR, 2010).

O processo de transesterificação, que consiste na tecnologia em que o biodiesel é produzido atualmente em todo o mundo, tem a seu favor a sua simplicidade e sua eficiência, onde se obtém em torno de 100 kg de biodiesel a partir de 100 kg de óleos vegetais ou gorduras animais (KNOTHE, 2006); a Figura 1.4 apresenta um diagrama simplificado do processo de transesterificação.

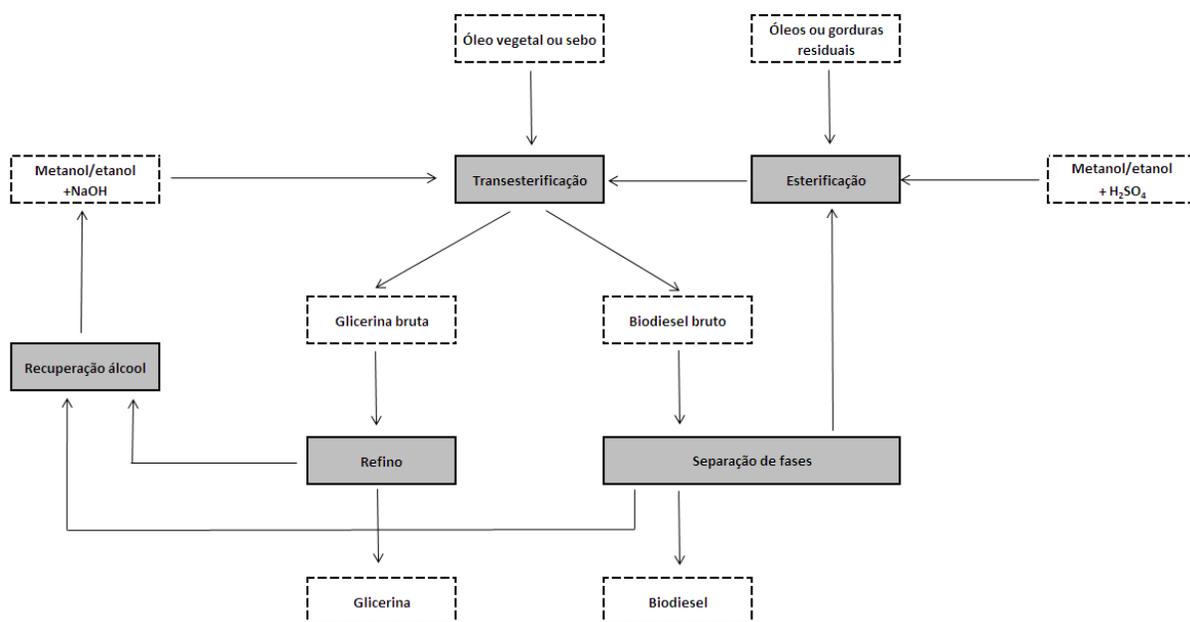


Figura 1. 4 Diagrama simplificado do processo de transesterificação

Fonte: Vieira e D'Arce (2009)

Entretanto, a sustentabilidade do biodiesel obtido a partir de óleos vegetais é questionável quando se considera a produção em larga escala, que depende, normalmente, de culturas agrícolas com baixa produtividade de óleo vegetal por hectare cultivado (GRANDA et al., 2007). Outro aspecto importante diz respeito ao custo de produção do biocombustível; o elevado preço de mercado dos óleos vegetais (em relação ao preço dos combustíveis fósseis), que muitas vezes são usados como produtos alimentares, resulta em um grande desafio produzi-lo com um custo reduzido (DEMIRBAS, 2008 a). Na Tabela 1.3 pode-se observar os principais países produtores de biodiesel no mundo.

Embora a produção de biodiesel venha crescendo substancialmente nos últimos anos (especialmente a partir da última década), muitos autores questionam as reais possibilidades desse biocombustível substituir o óleo diesel mineral em quantidades substantivas, face às limitações econômicas que derivam da tecnologia atual para sua produção. Por exemplo, Duffield (2007) argumenta que os óleos vegetais continuarão a desempenhar um papel importantíssimo como produtos alimentares, e nesse sentido, o biodiesel poderia substituir somente uma pequena parcela do óleo diesel fóssil. Por outro lado, a IEA defende que o biodiesel de primeira geração não deve mais existir a partir de 2030-2040 (IEA, 2009).

Tabela 1. 3 Maiores produtores mundiais de biodiesel em 2010

País	Produção (bilhão de litros)
Alemanha	2,9
Brasil	2,3
Argentina	2,1
França	2,0
Estados Unidos	1,2
Espanha	1,1
Itália	0,8
Indonésia	0,7
Tailândia	0,6
Demais países	5,3
Total	19,0

Fonte: REN21 (2011)

No Brasil, a produção de biodiesel inicia em 2005, com um volume pouco inferior a 700 mil litros; com um aumento expressivo da capacidade produtiva, alcança a marca de 2,4 bilhões de litros em 2010, onde a soja é a matéria-prima que responde por mais de 80% do total usado. As circunstâncias sobre o panorama energético brasileiro e a criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) são apresentados no Capítulo 2.

Capítulo 2

Biodiesel no Brasil

2.1 Considerações iniciais

Neste capítulo são apresentados os aspectos da produção de biodiesel no Brasil, cujo programa, denominado Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), foi regulamentado pela Lei 11.097 em 13 de janeiro de 2005 (BIODIESELBR, 2010).

O pano de fundo da criação do PNPB está relacionado com os aspectos mencionados no capítulo anterior sobre o papel dos biocombustíveis no que diz respeito à segurança energética, às reduções das emissões de gases de efeito estufa e à melhoria das condições socioeconômicas no meio rural, sendo esse último um alvo de grande interesse do programa.

Na seqüência deste capítulo são apresentados alguns aspectos essenciais sobre a matriz energética brasileira, os elementos do PNPB, alguns tópicos sobre os mercados de farelo de soja e de óleos vegetais no Brasil, da produção de biodiesel e, finalmente, um sumário do capítulo.

2.2 Panorama energético brasileiro⁶

A evolução do consumo e da produção de energia no Brasil foi acompanhada e motivada pelos seus ciclos econômicos, sendo notadamente expandida a partir de meados da década de 1930 com o advento do início da industrialização do Brasil, especialmente a partir da formação da indústria de base nacional (FURTADO, 2009).

O Brasil permaneceu como um país com predominância nas atividades agrícolas até o início da década de 1930, não acompanhando o ritmo do processo de intensa industrialização dos países europeus e dos Estados Unidos a partir da Revolução Industrial, principalmente no século XIX. Durante a 2ª Guerra Mundial, com a dificuldade de importar bens industrializados dos países que estavam diretamente envolvidos no conflito militar, o Brasil passou a ter a necessidade de desenvolver sua manufatura para atender essa lacuna. Na década de 1950, o país passou por um processo de constituição da sua indústria de base (indústria metalúrgica, criação da Petrobras e início de expansão acelerada da geração de eletricidade), que iniciou a formação de uma base

⁶ Esta seção é fundamentada em Furtado (2009).

industrial para suportar o desenvolvimento da indústria brasileira nas décadas seguintes, como, por exemplo, o início da indústria automobilística no final da década de 1950.

Na década de 1960, O Brasil já detinha um parque industrial razoavelmente diversificado, com pólos industriais bem estabelecidos em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Porto Alegre. Ao mesmo tempo, assistia-se à expansão da rede elétrica para atender ao crescente consumo do setor residencial, em função da elevada urbanização do país.

Entre 1960 e 1980, a taxa de crescimento médio da economia brasileira foi de 7,49% ao ano; entre 1967 e 1973, o país atravessou o período denominado como “milagre econômico”, com taxa média de crescimento de 10,13% ao ano (IPEA, 2011). Estas duas décadas foram acompanhadas por um crescimento contínuo da produção de energia elétrica e por grande dependência e importação de petróleo. Atravessando uma fase política caracterizada pela ditadura militar, que se instaurou a partir do Golpe Militar de 1964, o Governo Federal promoveu o início da construção das grandes hidroelétricas; no período, o país se viu diante da 1ª e 2ª crises do petróleo, em 1973 e 1979, respectivamente, quando os aumentos do preço do barril de petróleo fizeram com que as despesas com sua importação representassem parte expressiva do total importado pelo país; durante a década de 1970, o Brasil importou 84,4% do petróleo que consumiu (EPE, 2011).

Nos anos 1970, a 1ª crise mundial do petróleo e o impacto negativo causado na balança comercial brasileira devido à elevada dependência da importação da fonte energética fóssil, aliado a um parque produtor doméstico de açúcar já instalado, motivaram o governo brasileiro à criação do Proálcool em 1975, quando a busca por alternativas para garantir o suprimento energético a partir do petróleo se tornou uma prioridade. Nessa época, o aumento expressivo da produção de etanol combustível a partir de cana-de-açúcar como substituto da gasolina foi parte da solução encontrada para a redução da dependência de petróleo sem prejuízo do crescimento econômico, dadas as condições edafoclimáticas favoráveis encontradas no país para o cultivo da cana (SOCCOL et al., 2005).

No Brasil, a década de 1980 foi marcada por um período de estagnação de crescimento econômico e com elevadas taxas de inflação, com sucessivos planos econômicos que fracassaram a contenção desse problema crônico. Mesmo assim, no plano energético, o país viu expandir o seu parque gerador de eletricidade (ainda com a inauguração de grandes hidroelétricas e da

construção da usina nuclear de Angra 1), aumentar consideravelmente a participação de carros movidos a etanol e ampliar a extração e produção de petróleo.

A década de 1990 foi marcada por uma fase de transformações institucionais relevantes no país. Com a queda do Muro de Berlim em 1989, o colapso da ex União Soviética e do modelo de economia centralizada dos países do leste europeu, a globalização da economia mundial induziu o processo de abertura da economia brasileira. Em 1994, com o estabelecimento dos pilares do Plano Real, teve início uma fase permanente de convívio com inflação baixa, e ainda com reformas no Estado que puderam trazer as bases para condições macroeconômicas mais estáveis na primeira década de 2000. O setor energético brasileiro também foi atingido por essas reformas, passando por alguns processos de privatização e de novas regulações. Ao final, de 1994 a 2010, a economia brasileira apresentou um crescimento econômico médio razoável, de 3,28% ao ano (IPEA, 2011).

No contexto energético, os destaques das décadas de 1990 e 2000 podem ser assinalados pelo aumento da produção de petróleo – de tal modo que o Brasil tornou-se exportador líquido a partir de 2006 (EPE, 2011) –, pelo surgimento dos veículos *flex-fuel* – que foram responsáveis por uma nova fase da produção e consumo de álcool hidratado no país –, pelo aumento expressivo do uso do gás natural na matriz energética e pela crise de oferta de eletricidade em 2001 – ocasionada pela ausência de investimentos no setor (BRANCO, 2002).

A Figura 2.1 apresenta as participações das fontes de energia primária na oferta interna de energia⁷ no país em 2010. Merece destaque o fato de que 45,4% da oferta interna de energia primária da matriz nacional é renovável, em contraste com a média mundial em 2008 que foi de 12,2% (EPE, 2011).

⁷ Oferta interna de energia é a quantidade de energia que se coloca à disposição do país para ser submetida aos processos de transformação e/ou consumo final (EPE, 2011).

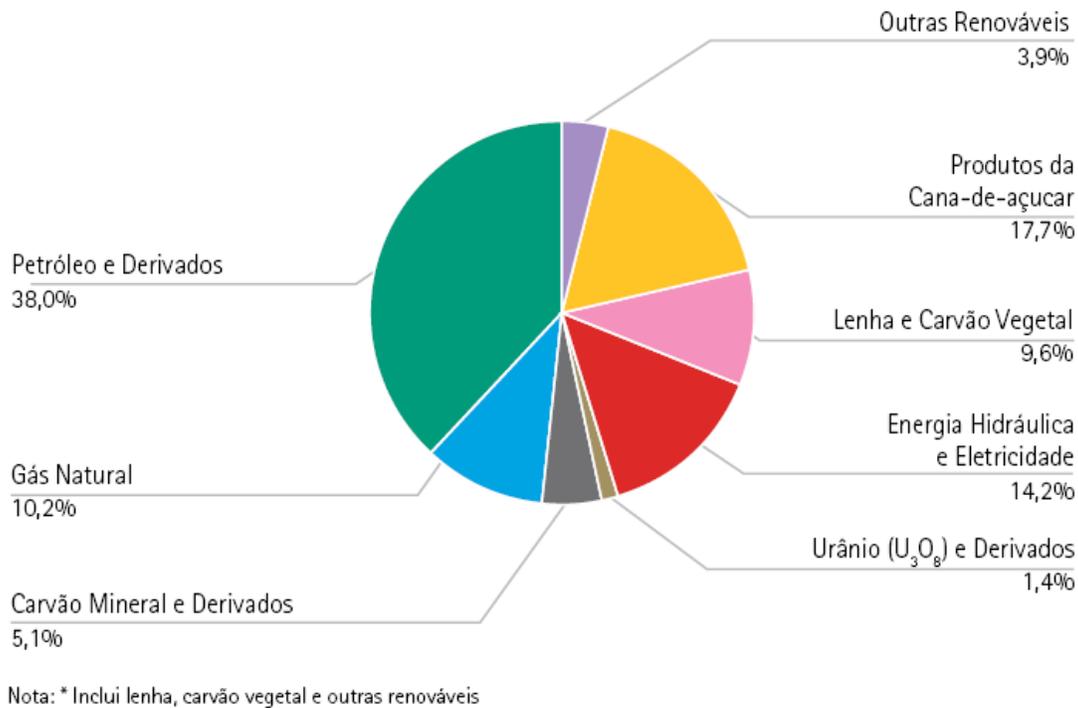


Figura 2. 1 Participação das fontes de energia na oferta interna de energia no Brasil em 2010

Fonte: EPE (2011)

Na Figura 2.2, pode-se observar as evoluções de dois parâmetros relativos a aspectos energéticos e socioeconômicos no Brasil entre 1970 e 2010 . Percebe-se que o aumento da oferta interna de energia no período foi maior que o aumento da população, fazendo com que a oferta de energia *per capita* aumentasse 97,6%; ainda assim, o uso de energia *per capita* no Brasil é inferior à média mundial e à média dos países da OECD. As projeções feitas pela EPE no Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007) indicam que o consumo final de energia *per capita* deve continuar aumentando, em função das expectativas do aumento da renda *per capita* e da melhoria da distribuição da renda, que propiciam condições para o aumento da qualidade de vida para uma porção cada vez maior da população brasileira, que se reflete, obviamente, no aumento do consumo de energia. De acordo com a EPE (2007), a expectativa é que em 2030 o consumo final de energia *per capita* no país (excluindo o consumo do setor energético) aumente 48,7% em relação a 2010, em um cenário de crescimento econômico médio de 3,2% ao ano.



Figura 2. 2 Evolução da oferta interna de energia per capita e da intensidade energética no Brasil entre 1970 e 2010

Fonte: EPE (2011)

Ainda na Figura 2.2, observa-se a evolução da intensidade energética do Brasil entre 1970 e 2010. A intensidade energética de um país é definida pela razão entre a oferta interna de energia e o PIB (produto interno bruto) em um determinado ano, indicando a quantidade de energia necessária naquele país para produzir uma unidade monetária de riqueza (expressa em termos do PIB). O valor da intensidade energética é influenciado por questões técnicas relacionadas à eficiência energética, bem como por aspectos econômicos que dizem respeito à participação dos setores mais energia intensivos (tipicamente as atividades industriais) na riqueza do país.

As nações em vias de desenvolvimento costumam apresentar uma intensidade energética baixa, em função de seu baixo consumo de energia. Ao passar para uma fase de industrialização, os países costumam apresentar uma intensidade energética elevada, em função do estabelecimento de uma indústria de base e de uma economia que possui maior participação do setor industrial na formação do PIB. Quando um país se encontra em sua fase madura de desenvolvimento econômico, após ter atravessado o período de estabelecimento e

desenvolvimento do setor industrial, o setor de serviços – menos intensivo no uso de energia – é o maior responsável pela formação do PIB; então, os países desenvolvidos passam a experimentar uma redução da intensidade energética quando comparados com os países que estão em fase de desenvolvimento industrial (JACCARD, 2005).

No Brasil, as projeções da EPE (2007) indicam uma redução da intensidade energética de 4,55% de 2030 em relação a 2010 (no cenário de crescimento econômico de 3,2% ao ano), face aos ganhos de eficiência energética que têm sido obtidos nos diversos segmentos da sociedade (especialmente os setores industrial e residencial) e ao aumento crescente da participação do setor de serviços no PIB nacional, que, em 2010, respondeu por 67,4% do total (considerando-se o valor adicionado a preços básicos), seguido por 26,8% do setor industrial e 5,8% do setor agropecuário (IPEA, 2011).

Olhando-se para as expectativas da população e do consumo de energia *per capita*, a previsão sobre o consumo de energia pode ser decomposta na seguinte expressão útil e bastante simples:

$$E = \frac{E}{Pop} \cdot Pop \quad (2.1)$$

Sendo E o consumo de energia total, $\frac{E}{Pop}$ o consumo de energia *per capita* e Pop a população total.

Para um país como o Brasil, que se encontra em fase de desenvolvimento para uma economia madura, as expectativas do aumento do consumo *per capita* de energia significam um aumento do consumo de energia superior ao próprio aumento da população.

A decomposição apresentada na expressão (2.1) pode ser mais detalhada em relação à variável consumo de energia *per capita*, que pode, por sua vez, ser decomposta como:

$$\frac{E}{Pop} = \frac{E}{PIB} \cdot \frac{PIB}{Pop} \quad (2.2)$$

Sendo $\frac{E}{PIB}$ a intensidade energética e $\frac{PIB}{Pop}$ a renda *per capita*.

A expressão (2.2) pode ser substituída na expressão (2.1), de tal modo que a decomposição pode ser dada como:

$$E = \frac{E}{\text{PIB}} \cdot \frac{\text{PIB}}{\text{Pop}} \cdot \text{Pop} \quad (2.3)$$

Na expressão (2.3), o consumo de energia *per capita* é percebido como o efeito da intensidade energética e da renda *per capita*; nesse sentido, as expectativas de aumento da renda *per capita* no Brasil para as próximas décadas são superiores às reduções que se esperam para a intensidade energética, resultando em um aumento do consumo de energia *per capita*.

2.2.1 O consumo de óleo diesel no Brasil

Como notado na Figura 2.1, petróleo e derivados são a principal fonte de energia do país, atendendo por 38,0% da oferta interna de energia em 2010. A Tabela 2.1 mostra a participação do consumo final energético das fontes de energia secundária no Brasil em 2010, ano em que os derivados de petróleo somaram 57,6% do total.

Tabela 2. 1 Consumo final energético das fontes de energia secundária no Brasil em 2010 (em mil tep)

Energético	Consumo final energético	Participação
Óleo diesel	41.134	27,4%
Óleo combustível	4.939	3,3%
Gasolina	17.578	11,7%
GLP	7.701	5,1%
Querosene	3.195	2,1%
Gás de cidade e de coqueria	1.415	0,9%
Coque de carvão mineral	6.261	4,2%
Eletricidade	39.187	26,1%
Carvão vegetal	4.648	3,1%
Álcool etílico	12.033	8,0%
Outras secundárias de petróleo	11.810	7,9%
Alcatrão	95	0,1%
TOTAL	149.994	100,0%

Fonte: EPE (2011)

Entre os derivados de petróleo, o óleo diesel é a fonte mais usada no país (48,7 bilhões de litros em 2010), sendo seu consumo concentrado no setor de transportes (77,9% em 2010) –

majoritariamente (96,6%) no transporte rodoviário em ônibus e caminhões, dada a proibição do uso de óleo diesel em veículos leves pela legislação brasileira –, como mostra a Tabela 2.2 (EPE, 2011).

Tabela 2. 2 Consumo setorial do óleo diesel mineral no Brasil em 2010

Setor	Consumo (mil m ³)	Participação
Transportes	37.943	77,9%
Agropecuário	6.484	13,3%
Geração de eletricidade	2.431	5,0%
Energético	1.071	2,2%
Industrial	730	1,5%
Comercial	40	0,1%
Público	13	0,0%
TOTAL	48.712	100,0%

Fonte: EPE (2011)

O consumo de óleo diesel no Brasil cresceu acentuadamente – quase 700% – nas últimas 4 décadas (uma taxa média de 5,1% ao ano); na Figura 2.3 pode-se observar a evolução do consumo, da produção e da importação de óleo diesel desde 1970.

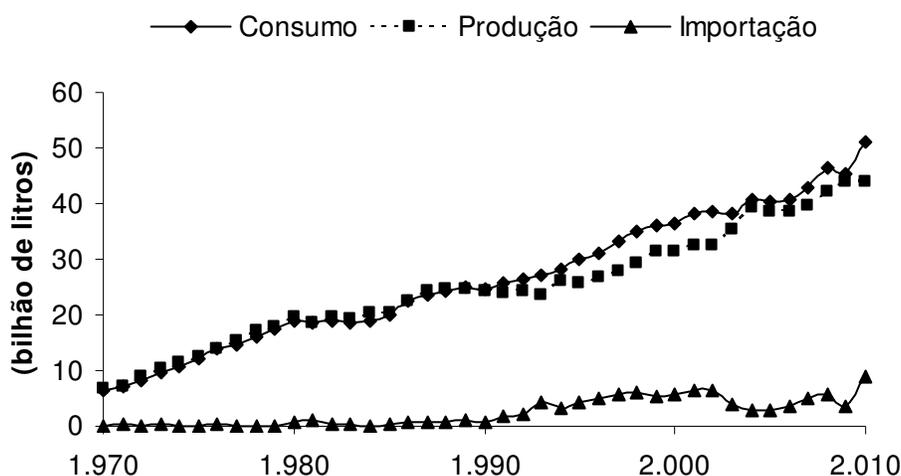


Figura 2. 3 Evolução do consumo, produção e importação de óleo diesel no Brasil entre 1970 e 2010

Fonte: EPE (2011)

Considerando-se o período de 2001 a 2010, o percentual de óleo diesel importado pelo Brasil, relativo à produção total e à importação, tem oscilado entre 6,4%, em 2004, a 17,0%, em 2010 (EPE, 2011); logo, uma contribuição da produção de biodiesel pode ser reduzir as importações de óleo diesel no país. Naturalmente, do ponto de vista da balança comercial, a redução de importações apresenta a potencial vantagem de aumentar o Produto Interno Bruto (PIB) do país; nesse aspecto, a questão a ser investigada é se os custos de produção superiores do biodiesel, em relação ao óleo diesel obtido a partir do petróleo, não são muito elevados a ponto de suprimirem essa vantagem. Este problema é um dos objetos de análise desse trabalho, que é apresentado no Capítulo 5.

Evidentemente, a produção de biodiesel substituindo parte do óleo diesel mineral não deve ser olhada somente do ponto de vista da balança comercial. As preocupações a respeito da disponibilidade das matérias-primas para sua produção, a disponibilidade e a área ocupada para a produção de oleaginosas – considerando a produção a partir de óleos vegetais –, os impactos socioeconômicos ao longo de toda a cadeia produtiva e os aspectos ambientais também devem ser levados em consideração. As questões mencionadas dependem do modelo de produção considerado em toda a cadeia de produção do biodiesel, principalmente no que diz respeito à escala das plantas industriais, da matéria-prima escolhida e do arranjo da produção agrícola – especificamente ao modelo de produção familiar e ao modelo de produção fundamentado no *agribusiness* (RUSSI, 2008).

2.3 O Programa de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB

Como mencionado no capítulo anterior, há uma percepção pelos entusiastas da bioenergia de que a produção de biocombustíveis pode reduzir a dependência de combustíveis fósseis, pode contribuir para a redução das emissões de GEE e trazer, ainda, benefícios socioeconômicos para o segmento agrícola.

Logo após a primeira e a segunda crises do petróleo, no final da década de 1970, o governo brasileiro criou o programa PRÓ-ÓLEO, através da resolução número 007, em 22 de outubro de 1980, com a finalidade de misturar 30% de óleos vegetais ou derivados no óleo diesel, até a substituição completa em longo prazo. Naquela época, a transesterificação de óleos vegetais foi a alternativa tecnológica apontada como solução, mas devido ao contra-choque do petróleo nos anos seguintes – com a queda acentuada de seus preços –, o programa foi extinto em 1986.

No início da última década, a dependência por importação de parte do óleo diesel e petróleo consumidos no país, bem como as frequentes oscilações no preço internacional do petróleo, contribuíram para a busca por fontes alternativas ao óleo diesel mineral no Brasil, sendo o biodiesel obtido a partir da transesterificação considerado, novamente, como a principal e mais promissora opção para esse fim (POUSA et al., 2007).

No Brasil, as expectativas sobre a produção e uso de biodiesel é que sua adoção pudesse contribuir para reduzir a importação de derivados de petróleo, trazer novas oportunidades para o agronegócio nacional, aumentar a participação de energia renovável na matriz energética e ainda auxiliar o governo brasileiro nas ações para reduzir a pobreza através da agricultura familiar (RAMOS e WILHELM, 2005).

Com uma experiência bem sucedida no Proálcool, que foi um programa lançado pelo governo brasileiro em 1975 para substituir parte do consumo de gasolina por etanol, o governo federal criou, em janeiro de 2005, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), um programa interministerial com o objetivo de implementar de forma sustentável a produção e uso do biodiesel, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda (BIODIESELBR, 2010). As principais diretrizes do PNPB são:

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

A lei número 11097, de 13 de janeiro de 2005, estabeleceu, inicialmente, que o uso da mistura B2 seria obrigatória no ano de 2008; entre 2008 e 2013 poderiam ser usadas misturas entre B2 e B5, e, a partir de 2013, a mistura B5 passaria a ser obrigatória também (POUSA et al., 2007). Antecipando o calendário inicialmente estabelecido, a partir de julho de 2008 e julho de 2009, respectivamente, as misturas B3 e B4 tornaram-se obrigatórias; a partir de janeiro de 2010, passou a ser obrigatória a mistura B5 no país. A produção de biodiesel no Brasil teve início, de fato, em 2005, e até 2007 a mistura de biodiesel ao óleo diesel mineral era voluntária. Para estimular o início da produção de biodiesel no Brasil, o programa idealizou a realização de leilões, sob a responsabilidade da ANP (Agência Nacional de Petróleo), nos quais a Petrobras asseguraria a compra dos volumes necessários de biodiesel de fornecedores com o selo social para se obter uma mistura B2 (POUSA et al., 2007).

Os óleos vegetais constituem-se a principal matéria-prima para a produção de biodiesel, sendo possível serem obtidos a partir de várias culturas agrícolas, como colza, soja, amendoim, mamona, girassol, palma, caroço de algodão, entre outras. Nesse aspecto, o Brasil se apresenta com boas condições para diversificar o uso de matérias-primas agrícolas para a produção de biodiesel, dadas as diferentes vocações agrícolas em cada região do país (BIODIESELBR, 2010).

A Tabela 2.3 apresenta o potencial de produção de óleos vegetais a partir de algumas oleaginosas no Brasil. Naturalmente, a produção de óleo vegetal por hectare – e, indiretamente, a produção de biodiesel por hectare cultivado, uma vez que se obtém aproximadamente 1 kg de biodiesel a partir de 1 kg de óleo vegetal – está relacionada não somente ao teor de óleo contido na oleaginosa, mas também à produtividade agrícola, que é função das condições edafoclimáticas e das práticas agrícolas utilizadas (BARROS et al., 2006). Na Tabela 2.3 foram colocadas, também, estimativas para a área agrícola necessária para a produção de 1 bilhão de litros de biodiesel, volume que corresponde, aproximadamente, a uma mistura B2 no Brasil, tomando-se o ano de 2010 como referência.

Tabela 2. 3 Potencial de produção de óleos vegetais a partir de algumas oleaginosas no Brasil em relação a 2010

Oleaginosa	Produção em 2010 (t)	Rendimento (t/ha)	Teor de óleo	Potencial de produção de óleo em 2010 (t)	Área necessária de cultivo para a produção de 1 GL de biodiesel (Mha)
Soja	68.518.738	2,947	18,5%	12.675.967	1,614
Caroço de algodão	1.846.350	2,240	18,0%	332.343	2,183
Girassol	84.700	1,133	48,0%	40.656	1,618
Amendoim	230.449	2,771	41,5%	95.636	0,765
Mamona	93.025	0,626	46,0%	42.792	3,056

Fonte: Produção agrícola e rendimento a partir da Produção Agrícola Municipal 2010 (IBGE, 2011); teor de óleo a partir de Mourad (2009)

Dada a grande disponibilidade de terras para a expansão da produção agrícola no país, que pode ser usada para a produção de óleos vegetais, o PNPB foi criado com grande entusiasmo pelo governo brasileiro, ainda mais considerando-se a possibilidade do uso de matérias-primas produzidas nas regiões rurais mais pobres do país (como a mamona no semi-árido nordestino, por exemplo); nesse sentido, o programa poderia contribuir como uma excelente oportunidade para

erradicar a miséria dessas regiões (EVANGELISTA JÚNIOR, 2009). Por exemplo, nas regiões Norte e Nordeste, respectivamente, poderia ser desenvolvida uma estrutura de agricultura familiar produzindo a palma e a mamona, que possuem características favoráveis para se expandirem nessas regiões (POUSA et al., 2007).

A mamona, especificamente, se desenvolve muito bem em regiões tropicais, demandando um nível de precipitação entre 750 mm a 1.000 mm, e requerendo, para sua colheita, uma grande quantidade de mão-de-obra; em condições de produtividade média, obtém-se em torno de 500 kg de óleo por hectare. Essas características fizeram com que a mamona fosse pensada como adequada para a produção de pequenos agricultores no nordeste brasileiro, contribuindo para melhorar a renda e as condições de vida da população rural nordestina mais pobre, como também prover uma fonte de energia ambientalmente sustentável (SCHOLZ e da SILVA, 2008).

Entretanto, a indisponibilidade da matéria-prima e limitações técnicas associadas ao biodiesel de mamona resultaram em uma participação quase nula dessa matéria-prima na produção do biocombustível no país (BIODIESELBR, 2010).

Como mencionado, o modelo que tem sido adotado para a inserção da produção de biodiesel no Brasil consiste no estabelecimento de uma mistura obrigatória ao óleo diesel mineral; para tanto, o governo, através da Agência Nacional de Petróleo (ANP), tem realizado leilões para atingir os volumes necessários para as metas de misturas pré-determinadas. Na Tabela 2.4 apresenta-se a evolução da produção de biodiesel no país de 2005 a 2010, a participação das matérias-primas e os valores médios pagos dos leilões por litro de biodiesel; nota-se o acentuado crescimento da produção desde 2005, ano em que se iniciou a produção no país, e a grande concentração da soja como a principal matéria-prima.

Deve-se chamar à atenção, também, para os preços pagos aos produtores que foram praticados nesses leilões. Na Tabela 2.4 é possível compará-los com os preços de produtor do óleo diesel mineral nos períodos correspondentes, e as diferenças entre esses preços podem ser interpretadas como subsídios; naturalmente, surge a questão de se avaliar os eventuais benefícios – sejam eles os sociais, os econômicos e os ambientais – trazidos pela inclusão do biodiesel na matriz energética nacional e os custos a ele associados. Essa discussão será feita adiante no Capítulo 5, quando serão apresentados os resultados das análises feitas usando-se a metodologia proposta neste trabalho.

Outro aspecto relevante no PNPB é o mecanismo adotado para incentivar a produção de matéria-prima a partir da agricultura familiar; para tanto, criou-se o Selo Social, que consiste em um conjunto de regras para reduzir a carga tributária sobre o produtor de biodiesel que adquire, em sua produção, uma quantidade mínima de matéria-prima (que depende da região do país onde está a usina) obtida a partir da agricultura familiar. Esse mecanismo foi regulamentado pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário através das instruções normativas números 1 e 2, em 5 de Julho e 30 de Setembro de 2005, respectivamente, regulamentando, além da isenção fiscal, condições mais satisfatórias para empréstimos contraídos no BNDES (Banco de Desenvolvimento Econômico e Social) e outros bancos públicos (POUSA et al, 2007). No entanto, o principal incentivo para que os produtores busquem o Selo Social deve-se à estratégia que estabeleceu que somente as usinas detentoras do selo possuem permissão para participar dos maiores lotes dos leilões promovidos pela ANP, que têm respondido por 80% do biodiesel obrigatório do país (BIODIESELBR, 2010).

Tabela 2. 4 Evolução da produção de biodiesel no Brasil de 2005 a 2010

Item	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Produção de biodiesel (10⁶ L)	0,7	69,0	404,3	1.167,1	1.608,1	2.397,3
Participação da soja	Sem informação	Sem informação	Sem informação	75,1%	77,7%	82,2%
Participação do sebo bovino	Sem informação	Sem informação	Sem informação	14,1%	16,0%	13,7%
Participação do caroço de algodão	Sem informação	Sem informação	Sem informação	2,1%	3,7%	2,4%
Participação das demais matérias-primas	Sem informação	Sem informação	Sem informação	8,7%	2,6%	1,7%
Valor médio pago no leilão ao biodiesel (R\$/L)*	1,905	1,772	1,865	2,561	2,277	2,091
Preço básico do óleo diesel mineral (R\$/L)**	1,021	1,123	1,172	1,265	1,297	Ainda não disponível
Diferença de preços entre o biodiesel e o óleo diesel mineral (R\$/L)	0,884	0,649	0,693	1,296	0,980	

Obs.: * Em valores correntes; médias ponderadas em relação aos volumes arrematados nos leilões;

** Obtido pela razão entre o valor da produção de óleo diesel a preço básico e o volume produzido.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da ANP (2011), das Tabelas de Recursos e Usos (IBGE, 2011) e do Balanço Energético Nacional 2010 (EPE, 2011).

A participação relativa da agricultura familiar no fornecimento de matéria-prima para a produção de biodiesel no país tem sido pequena, dada a dificuldade de oferta proveniente desse modo de produção, devido, principalmente, às carências técnico-estruturais encontradas na agricultura de subsistência das regiões rurais mais carentes do país, tipicamente o sertão nordestino (BIODIESELBR, 2010).

Com a criação do PNPB, o estabelecimento de um calendário de mistura obrigatória de biodiesel e a adoção do sistema de leilões com expectativa de preços que remuneram os custos de produção, assistiu-se a um aumento brutal da capacidade de produção, de tal modo que a capacidade nominal em 2010 seria suficiente para produzir um volume de 5,838 bilhões de litros (ANP, 2011), o que poderia corresponder a uma mistura B11,4 em 2010, considerando, evidentemente, a disponibilidade de matéria-prima para sua produção. A Tabela 2.5 traz a capacidade nominal de produção de biodiesel e a produção de biodiesel por macro-região no ano de 2010. Observa-se que a relação produção/capacidade nominal é sempre inferior a 50% em todas as regiões, sendo 41,1% a média ponderada no país.

Tabela 2. 5 Capacidade nominal e produção de biodiesel por macro-região em 2010

Região	Capacidade nominal (10 ⁶ L)	Produção (10 ⁶ L)	Produção/Capacidade nominal
Norte	210,6	93,9	44,6 %
Nordeste	740,9	186,2	25,1 %
Centro-Oeste	2.313,4	1.018,3	44,0 %
Sudeste	1.014,1	423,1	41,7 %
Sul	1.558,9	675,7	43,3 %
Brasil	5.837,9	2.397,2	41,1 %

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da ANP (2011)

O mapa apresentado na Figura 2.4 traz a distribuição da infra-estrutura da produção de biodiesel no Brasil em 2010, no qual se percebe a grande concentração de unidades produtoras nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país, que, somadas, representam 83,7% de toda a capacidade nominal do país e 88,3% de toda a produção.

Como já apontado anteriormente, pouco mais de 80% da produção de biodiesel provém da soja, pelo fato dessa ser a única matéria-prima atualmente disponível para atender os volumes necessários estabelecidos pelo PNPB. De fato, a cadeia produtiva da soja está consolidada no país, sendo o Brasil o 2º maior produtor e 2º maior exportador mundial em 2009 da *commodity* (FAO, 2011). A produção de biodiesel a partir de óleo de soja – e de óleos vegetais em geral – deve ser entendida dentro das oportunidades dos mercados de óleos vegetais e da produção de farelos. Essa discussão é apresentada na próxima seção e também nos resultados obtidos apresentados no Capítulo 5.

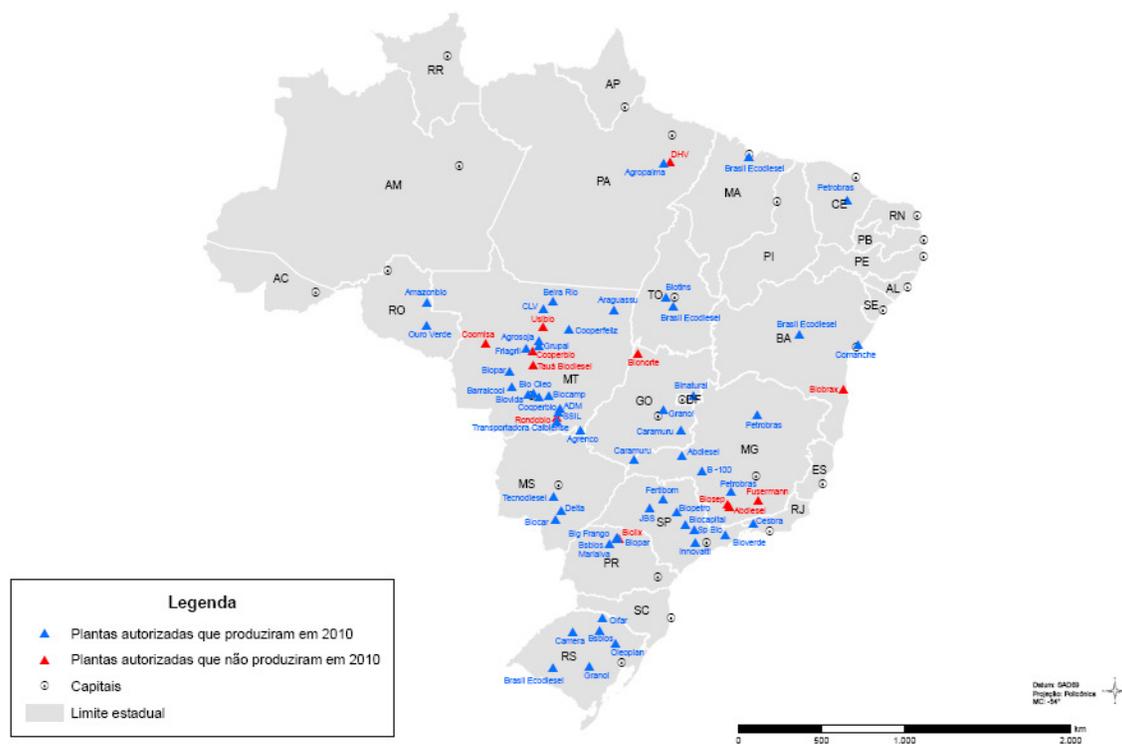


Figura 2. 4 Infra-estrutura da produção de biodiesel no Brasil em 2010 (ANP, 2011)

2.4 O mercado de farelo de soja e de óleos vegetais no Brasil

A produção de biodiesel pelo processo de transesterificação pode ser feita a partir de uma grande diversidade de óleos vegetais, de óleos usados em processos de fritura de alimentos, de gorduras animais e até mesmo do esgoto (KNOTHE, 2006). Entretanto, o uso de óleos vegetais tem se configurado como a principal fonte para a produção de biodiesel no mundo, correspondendo a 86,3% da produção do Brasil em 2010 (ANP, 2011).

A importância do uso de óleos vegetais como matéria-prima principal para a produção de biodiesel deve-se, essencialmente, ao fato do custo do óleo vegetal representar quase a totalidade do custo de produção do biodiesel, bem como pelo seu uso para fins alimentícios, o que lhe confere um alto valor agregado (DERMIBAS, 2008 b).

Como no processo de transesterificação a produção de um quilograma de biodiesel requer praticamente um quilograma de óleo vegetal (KNOTHE, 2006), quando se pensa em uma determinada quantidade de biodiesel, considera-se, automaticamente, a mesma quantidade de óleo vegetal. Logo, os impactos devido à inserção da cadeia de produção de biodiesel estão completamente inseridos na cadeia de produção de óleos vegetais.

A produção de óleos vegetais, por sua vez – em particular o óleo de soja –, está intrinsecamente relacionada à produção de farelo, cujo destino final é, principalmente, a produção de ração animal. De fato, no processo de esmagamento da soja, os principais produtos são o farelo e a torta de soja, sendo o óleo considerado como subproduto (MOURAD, 2008).

No mercado de óleos vegetais, em termos de massa, o óleo de soja é o segundo mais consumido do mundo, ocupando 28,7% do mercado mundial em 2010, sendo superado somente pelo óleo de palma, que representou 33,2% no mesmo ano (THE AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION, 2011). Entretanto, no Brasil, a produção de óleos vegetais é majoritariamente obtida a partir da soja – em torno de 90% (ABIOVE, 2011).

A produção de soja no Brasil se expandiu intensamente a partir de meados da década de 1990, tendo aumentado 245,5% entre 1990 e 2010 (IBGE, 2011); na Figura 2.5, observa-se a evolução da produção de soja e da área cultivada com essa cultura, da produção de óleo e da produção de farelo na última década.

A partir dos dados da ABIOVE (ABIOVE, 2011), considerando a média de 2001 a 2010, 61,0% de toda a soja produzida no país foi processada para a produção de óleo e farelo, enquanto 31,9% foi exportada e os 7,1% foram destinados ao mercado interno (incluindo a formação de estoques). Para o óleo de soja, neste mesmo período, 31,3% foi destinado ao mercado externo e os 68,7% restantes para o mercado interno; para o farelo, 55,1% foram exportados e 44,9% foram dirigidos ao mercado doméstico. Nesse sentido, o biodiesel, dependendo de seu preço, pode ser uma alternativa econômica interessante para os produtores de farelo e óleo de soja quando o preço do óleo não for atrativo (POUSA et al., 2007).

O mercado mundial de soja tem sido afetado nas últimas duas décadas pelo crescimento impressionante da demanda por soja na China, refletindo uma mudança no comportamento alimentar dos chineses, que têm adotado padrões mais próximos ao mundo ocidental, consumindo cada vez mais proteína, que demanda ração para a produção animal (ROSILLO-CALLE et al., 2009).

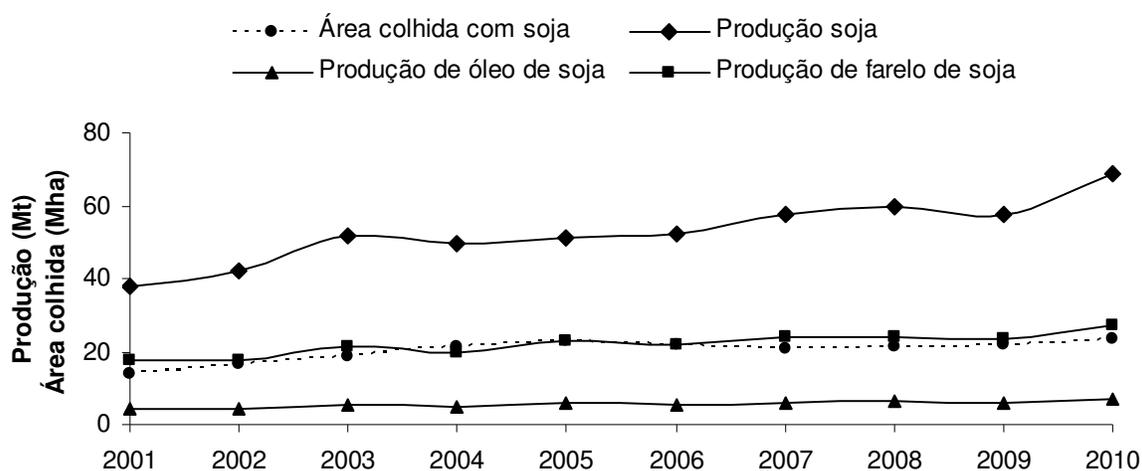


Figura 2. 5 Evolução da área cultivada com soja e das produções de soja, óleo de soja e farelo de soja no Brasil entre 2001 a 2010

Fonte: Área cultivada com soja e produção de soja a partir dos dados da PAM (IBGE, 2011); produções de óleo de soja e farelo de soja a partir dos dados da ABIOVE (2011)

Com uma produção atual próxima de 70 milhões de toneladas ao ano, o Brasil, segundo maior produtor mundial de soja e responsável por 27,1% da produção global em 2010, é superado somente pelos Estados Unidos, com 35,1% da produção mundial. Estados Unidos, Brasil e Argentina, os três maiores produtores mundiais, possuem grande influência na oferta da *commodity*, tendo respondido por 81,3% de toda a produção global em 2010 (THE AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION, 2011).

Como apresentado na seção anterior, a produção de biodiesel no Brasil teve início em 2005, com um pequeno volume produzido, pouco superior a 700 mil litros. Já no ano seguinte, em 2006, a produção aumentou para 69 milhões de litros (um aumento de quase 100 vezes) e, em 2007, a produção alcançou 404 milhões de litros, um crescimento próximo a 500% comparado com 2006. A partir de 2008, com a obrigatoriedade da adição de 2% de biodiesel no óleo diesel

mineral no primeiro semestre, e de 3% no segundo semestre, a produção nacional de biodiesel atingiu 1.167 milhões de litros – quase o triplo da produção no ano anterior. Em 2009, a obrigatoriedade da mistura de biodiesel ao óleo diesel obtido a partir do petróleo foi de 3%, e no segundo semestre foi de 4%; para cumpri-la, a produção de biodiesel doméstica foi de 1.608 milhões de litros, um expressivo aumento de 38% em relação a 2008. Em 2010, a obrigatoriedade da mistura B5 resultou em uma produção de 2.397 milhões de litros (ANP, 2011), fazendo do país o segundo maior produtor mundial nesse ano, sendo superado somente pela Alemanha, com 2,9 bilhões de litros (REN21, 2011).

Alcançar este elevado patamar de produção em tão pouco tempo (em apenas cinco anos a produção saltou de 736 mil litros para 2,4 bilhões) foi possível, essencialmente, pela presença consolidada da cadeia produtiva de soja no Brasil, a única matéria-prima, até o momento, capaz de suprir, sozinha, um volume de produção para atender uma mistura B5 no país. De acordo com os dados divulgados pela Agência Nacional de Petróleo – ANP (ANP, 2011), a soja tem sido responsável por cerca de 80% da produção brasileira de biodiesel (77,8% da produção em 2009 e 82,2% em 2010).

Para atender à produção de 1,97 bilhão de litros de biodiesel de soja em 2010, foram necessários 1,73 milhão de toneladas de óleo de soja, que, por sua vez, requereram 9,6 milhões de toneladas de soja. Tomando-se uma produtividade média de 2,7 t/ha de soja no Brasil (média de 2006 a 2010, de acordo com os dados da PAM, do IBGE), a área requerida para a produção de 1,97 bilhão de litros de biodiesel seria de 3,6 Mha. Entretanto, pode-se observar na Figura 2.6 que o expressivo aumento da produção de biodiesel no Brasil, com a presença majoritária da soja como matéria-prima, vem ocorrendo sem o aumento da correspondente produção de soja e da área cultivada com essa cultura até o ano de 2009. Comparando-se 2005 (ano em que se iniciou a produção de biodiesel no país) e 2010, a área colhida de soja aumentou somente 1,7%, enquanto a produção aumentou 34,3%, isto é, houve, no período, um aumento do rendimento (em t/ha) de 32,2%.

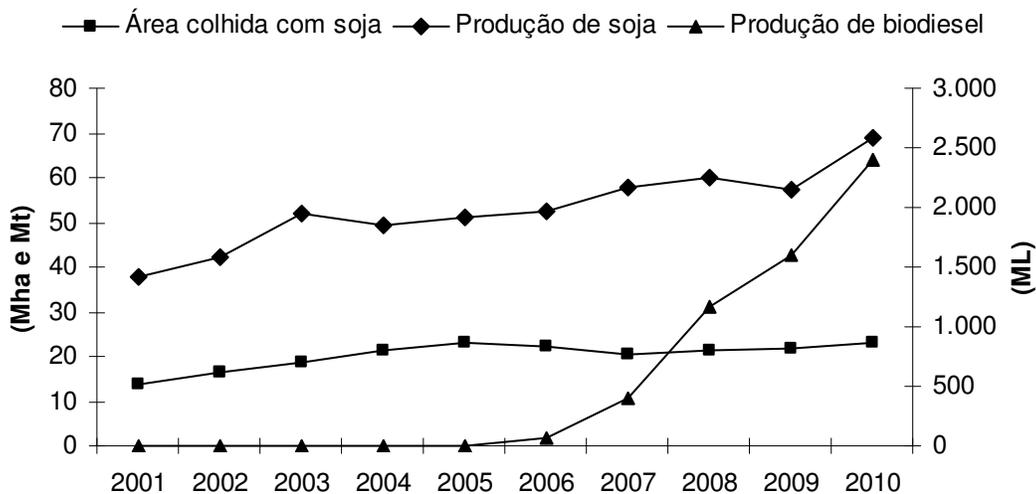


Figura 2. 6 Evolução da área colhida com soja e das produções de soja e biodiesel no Brasil

Fonte: PAM (IBGE, 2011) e ANP (2011).

Na Figura 2.7 nota-se, ainda, que a produção de óleo de soja entre 2005 e 2009 não se alterou substancialmente em função do advento da produção majoritária de biodiesel a partir da soja no Brasil, tendo apresentado um aumento mais substantivo em 2010. Entre 2005 e 2010 observa-se um aumento do consumo interno de óleo de soja (parte dele destinado à produção de biodiesel) e uma redução de suas exportações; pode-se inferir, assim, que parte do suprimento de óleo de soja para a produção de biodiesel no país tem ocorrido em função da redução das exportações desse óleo vegetal, como também pelo aumento da produção do óleo, especificamente no ano de 2010. Entre 2005 e 2010, de acordo com a ABIOVE, o aumento do consumo interno de óleo de soja foi de 2,27 Mt; a produção de 1,97 bilhão de litros de biodiesel de soja em 2010 demandou uma quantidade estimada de 1,73 Mt de óleo de soja, compatível com o aumento do consumo interno de 2,27 Mt.

A impressionante expansão da produção de biodiesel no Brasil, ocorrida em um intervalo de tempo muito curto e usando a soja como matéria-prima principal tem ocorrido, então, sem a necessidade de aumentar de forma expressiva a produção de soja – e, conseqüentemente, sem a necessidade de expandir a área cultivada. O fato é explicado, em parte, pela redução das exportações de óleo de soja, e em parte pelo aumento da produção do óleo vegetal.

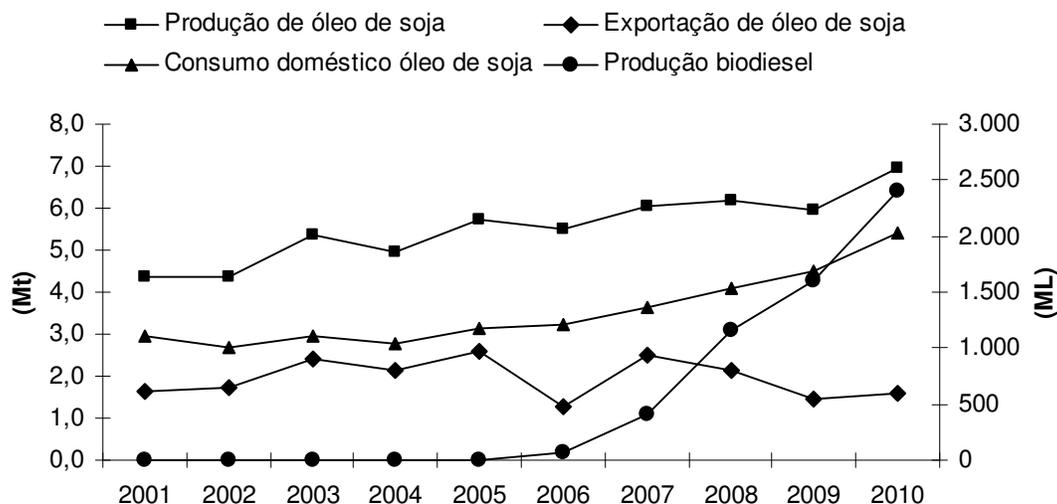


Figura 2. 7 Evolução da produção e destino do óleo de soja no Brasil de 2001 a 2010

Fonte: Abiove (2011) e ANP (2011)

Para misturas com proporção de biodiesel mais elevadas (por exemplo, B10), se a maior parte da produção provir da soja, é provável que se tenha um aumento da produção do grão, gerando, também, um aumento correspondente na produção de farelo, que teria, evidentemente, de ser destinado ao mercado doméstico ou para exportação.

2.5 Sumário do capítulo

Pelo que foi exposto neste capítulo, observa-se que há oportunidades para a produção de biodiesel no Brasil para substituir parte do óleo diesel mineral consumido na economia doméstica. As evidências dessas oportunidades se manifestam pela:

- (i) possibilidade de reduzir a importação de óleo diesel (que tem sido entre 2,7 a 9,0 bilhões de litros ao ano, considerando o período observado entre 2000 e 2010), trazendo benefícios para a balança comercial;
- (ii) disponibilidade de terras para expansão da área agrícola sem impactos ambientais significativos e sem prejuízo para a produção de alimentos;
- (iii) presença consolidada da cadeia produtiva da soja, que tem se constituído como a principal matéria-prima para a produção de biodiesel no país até o momento,

trazendo flexibilidade para o setor em termos do melhor aproveitamento comercial do óleo de soja;

- (iv) disponibilidade de matérias-primas com baixo custo para a produção de biodiesel, como é o caso do sebo bovino;
- (v) possibilidade de expandir parte da produção de biodiesel através de um programa de produção de matéria-prima alicerçado na agricultura familiar, podendo fortalecer o setor rural que é menos desenvolvido no país – tipicamente, as regiões menos desenvolvidas do Brasil com predominância da atividade agrícola no interior das regiões Norte e Nordeste.

Ainda que sejam identificadas essas oportunidades, a investigação sobre as condições em que a produção de biodiesel pode ocorrer é essencial para se identificar se, de fato, os custos associados a essa alternativa justificam os benefícios trazidos por ela. Deve-se ressaltar, ainda, que as condições para a produção de biodiesel são muito distintas quando se considera a produção baseada no modelo *agribusiness*, como é o caso predominante da soja no país, e quando se considera a produção da matéria-prima fundamentada no modelo de agricultura familiar.

No último caso, nas regiões mais subdesenvolvidas do país, destaca-se o grande desafio que consiste desenvolver uma atividade que carece de condições básicas para seu estabelecimento, devido à ausência de capacidade para compra de insumos e equipamentos, problemas com o baixo nível de escolaridade e da qualidade da mão-de-obra e a dificuldade de organização de cooperativas produtoras (EVANGELISTA JÚNIOR, 2009). É importante ter em mente que o Brasil é um país continental e com grandes diferenças regionais; particularmente, o modelo de agricultura familiar que existe na região Sul é um modelo baseado no uso adequado do fator capital para a produção de produtos com maior valor agregado; já o modelo de agricultura familiar que se encontra nas regiões mais pobres do país é destinado à subsistência das famílias, e normalmente faz pouquíssimo uso de máquinas e equipamentos, apresentando baixos níveis de produtividade.

Capítulo 3

Metodologia

Este capítulo tem como objetivo apresentar e discutir a metodologia empregada neste trabalho, fundamentalmente o modelo de insumo-produto, para inserir as cadeias produtivas de biodiesel avaliadas nesta tese. Na seção 3.1 descreve-se a concepção básica do modelo, buscando-se apresentá-lo de uma forma simplificada e didática, com o objetivo de facilitar sua compreensão e, na seção 3.2, apresenta-se o enfoque adotado neste trabalho, bem como exhibe-se a estrutura teórica do modelo adaptado para simular as diferentes rotas tecnológicas para a produção de biodiesel.

3.1 O modelo básico aberto de insumo-produto

O sistema produtivo da economia de um país normalmente abrange uma rede de transações entre os seus diversos setores produtivos – a cadeia produtiva, que pode ser bastante complexa e diversificada, dependendo do seu estágio de desenvolvimento. Uma forma bastante simplificada de enxergar a economia é olhar para essa cadeia produtiva como uma “caixa preta”, observando-se somente o que entra e o que sai do processo produtivo; a Figura 3.1 ilustra esse ponto de vista.

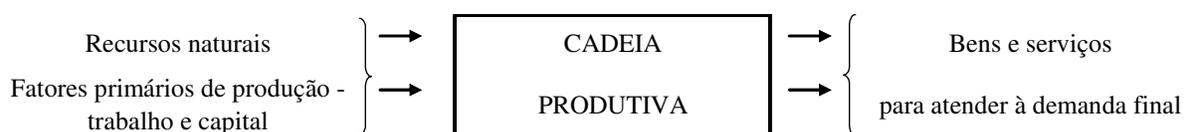


Figura 3. 1 Fluxos através da cadeia produtiva

Sob esse enfoque, o objetivo do sistema econômico é prover os bens e serviços a serem consumidos pelos agentes da demanda final, a saber: o consumo das famílias, o consumo do governo, a formação bruta de capital fixo (investimento em bens de capital) e as exportações. Para atender à demanda final, a cadeia produtiva utiliza os recursos naturais e os fatores primários de produção trabalho e capital. Obviamente, os bens e serviços produzidos pela economia, bem como a estrutura da cadeia produtiva irão exercer um impacto sobre o uso dos recursos naturais e dos fatores primários de produção. Mesmo que a estrutura da demanda final seja a mesma, diferentes arranjos tecnológicos do sistema produtivo trarão diferentes impactos

sobre os recursos naturais e sobre o uso dos fatores de produção. A disponibilidade de um modelo que possa representar as relações envolvidas entre os diversos setores que compõem a cadeia produtiva permite avaliar aqueles impactos decorrentes de alterações na composição da demanda final ou da estrutura da tecnologia setorial que forma a cadeia produtiva.

Considere-se a situação quando se espera que a demanda final por um determinado produto irá aumentar; por exemplo, as exportações por alguma *commodity*. Para atender ao aumento dessa demanda, o setor que produz a *commodity* irá consumir diretamente, em seu processo produtivo, outros produtos e serviços (insumos) que são produzidos por outros setores da cadeia produtiva. Esses setores fornecedores diretos de insumos irão consumir outros produtos e serviços em seus processos de produção, gerando um efeito indireto sobre o aumento da produção de mais setores. Naturalmente, os setores acionados indiretamente pelo aumento da demanda final da *commodity* irão gerar outros efeitos indiretos, e assim sucessivamente, de tal modo que vários setores produtivos serão impactados devido à soma de todos os efeitos diretos e indiretos. Como será visto adiante, o modelo de insumo-produto expõe as relações inter-setoriais na cadeia produtiva, revelando a natureza dessa “caixa preta”, permitindo avaliar aqueles impactos.

Formulado por Wassily Leontief na década de 1930, o modelo de insumo-produto descreve o fluxo monetário entre os setores produtivos em uma economia. A sua primeira aplicação foi realizada para expor as relações inter-setoriais na economia norte-americana no ano de 1919 e, posteriormente, em 1929 (MILLER e BLAIR, 2009). Desde então, o modelo têm sido usado em diversos trabalhos em economia aplicada, incluindo estudos em economia regional, aplicações em estudos energéticos e ecológicos⁸. Por seus trabalhos na área de economia aplicada envolvendo a análise de insumo-produto, Leontief recebeu o prêmio Nobel de economia em 1973.

Uma forma didática de compreender o modelo pode ser feita enxergando-se a economia de um país agregada em poucos setores. Considere-se, então, o quadro apresentado na Tabela 3.1, que mostra as transações inter-setoriais realizadas na economia brasileira, agregada em três

⁸ Uma descrição detalhada do modelo de insumo-produto e de suas aplicações nas mais diversas áreas é encontrada em Miller & Blair (2009).

setores, para o ano de 2004⁹, onde os setores produtivos são identificados como: S_1 – Agropecuária; S_2 – Transformação e S_3 – Serviços. Cada setor produtivo da economia, em seu esforço de produção, usa insumos fornecidos pelos outros setores da economia doméstica, realiza importações e remunera os fatores primários de produção – trabalho e capital. O valor da produção de um setor é igual à soma de todas as suas despesas.

Tabela 3. 1 Tabela de transações para a economia brasileira em 2004

<i>Brasil 2004</i> (R\$ bilhão)	S_1	S_2	S_3	Y	X
S_1 – Agropecuária	16,7	106,9	3,1	67,7	194,5
S_2 - Transformação	48,7	632,8	198,9	841,4	1.721,8
S_3 - Serviços	14,6	237,7	370,9	1.247,2	1.870,4
<i>Importação</i>	2,7	144,3	31,5	69,0	
<i>W (valor adicionado)</i>	111,8	600,1	1.266,0	169,3	
Pessoal ocupado (milhão)	18,981	18,195	53,730		
X^T	194,5	1.721,8	1.870,4		

Nessa tabela, observa-se que os setores (S_1 , S_2 e S_3) são identificados nas colunas e nas linhas. Os valores de um determinado setor, em sua coluna correspondente, devem ser interpretados como as despesas realizadas para tornar possível a sua produção. Completando-se a identificação das colunas, Y corresponde à demanda final (formada pelo consumo das famílias, pelo consumo do governo, pelas exportações e pela formação bruta de capital – investimentos e variação de estoques), e X às receitas de cada um dos setores.

⁹ As transações foram calculadas agregando-se a matriz de insumo-produto estimada para o ano de 2004, obtida a partir dos dados das Tabelas de Recursos e Usos de 2004 e pelo emprego da metodologia proposta por Guilhoto e Sesso (2005 e 2010).

Os valores de um determinado setor, em sua linha correspondente, devem ser interpretados como suas receitas pelo fornecimento de insumos a outros setores ou pelo atendimento da demanda final. Completando-se a identificação das linhas, **Importação** identifica as importações realizadas pelos setores (S_1 , S_2 e S_3) e pela demanda final (Y); e W o valor adicionado, correspondendo à soma da remuneração sobre os fatores primários de produção (trabalho e capital), dos impostos indiretos líquidos (impostos sobre o consumo, como o ICMS, por exemplo) e dos impostos e subsídios líquidos sobre a produção.

A Tabela 3.1 pode ser vista como uma matriz de contabilidade dos setores econômicos. Por exemplo, ao examinar-se a coluna S_2 (setor transformação), pode-se observar que, em 2004, este setor usou R\$ 106,9 bilhões de insumos do setor S_1 (agropecuária), R\$ 632,8 bilhões do setor S_2 (transformação) e R\$ 237,7 bilhões do setor S_3 (Serviços). Completando-se as despesas realizadas pelo setor S_2 , devem-se somar os gastos com importações (R\$ 144,3 bilhões) e com o valor adicionado (R\$ 600,1 bilhões). Então, o total das despesas realizadas pelo setor S_2 em 2004 foi de R\$ 1.721,8 bilhões. Observa-se, também, que o setor empregou 18,195 milhões de pessoas neste ano.

Por outro lado, olhando-se a linha ocupada pelo setor S_2 na Tabela 3.1, observa-se que o setor S_1 consumiu R\$ 48,7 bilhões de insumos do setor S_2 (ou que o setor S_2 forneceu R\$ 48,7 bilhões em insumos para o consumo do setor S_1), que o setor S_2 consumiu R\$ 632,8 bilhões do setor S_2 e que o setor S_3 consumiu R\$ 198,9 bilhões do setor S_2 . Ainda na mesma linha, observa-se que o setor S_2 forneceu R\$ 841,4 bilhões para atender à demanda final (Y). Então, os valores que constam na linha ocupada pelo setor S_2 são interpretados como as receitas deste setor em função das vendas realizadas para os outros setores produtivos (S_1 a S_3) e para atender a demanda final (Y).

A soma de todas as receitas do setor S_2 é igual a R\$ 1.721,8 bilhões, justamente o valor das despesas (ou o valor da produção) do setor (identificado como despesas no vetor X^T e como receitas no vetor X). Na condição de equilíbrio econômico, para cada um dos setores produtivos, a soma de todas as receitas é igual à soma de todas as despesas.

O exame das despesas e receitas pode ser feito para todos os setores (S_1 a S_3) na Tabela 3.1. Assim, a leitura da tabela deve ser feita de tal modo que os setores identificados nas colunas estão consumindo os insumos fornecidos pelos setores identificados nas linhas; logo, os setores

localizados nas linhas são as origens das transações, e os setores nas colunas são os destinos destas transações.

Na Tabela 3.1, vista como uma matriz, cada um de seus elementos será identificado, de forma genérica, por z_{ij} , sendo i a identificação da linha e j a identificação da coluna. Os valores (ou elementos) sombreados em amarelo formam uma submatriz, chamada de consumo intermediário, pois identificam as transações realizadas entre os setores produtivos.

Focando-se em um determinado setor, podem-se definir coeficientes técnicos diretos de produção relacionados aos valores necessários de insumos de outros setores para se produzir uma unidade monetária (R\$ 1,00) daquele setor. Por exemplo, olhando-se para a coluna ocupada pelo setor S_2 , ao se dividir os R\$ 106,9 bilhões de insumos fornecidos pelo setor S_1 pelo valor da produção do setor S_2 (R\$ 1.721,8 bilhões), encontra-se o valor 0,062, significando que para produzir R\$ 1,00, o setor S_2 consome R\$ 0,062 de insumos fornecidos pelo setor S_1 .

Esse valor, 0,062, é o coeficiente técnico direto de produção do setor S_2 pelo setor S_1 , sendo identificado por a_{12} ; então, a partir dos dados da Tabela 3.1, tem-se $a_{12} = \frac{106,9}{1.721,8} = 0,062$. De modo geral, o coeficiente técnico direto de produção a_{ij} , interpretado como os insumos fornecidos pelo setor i ao setor j para a produção de R\$ 1,00 do setor j , é definido por:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{X_j} \quad (1)$$

Na Tabela 3.1, pode-se calcular a matriz $A = [a_{ij}]$, a partir da equação (1), cujo resultado é apresentado a seguir:

$$A = \begin{bmatrix} 0,086 & 0,062 & 0,002 \\ 0,251 & 0,368 & 0,106 \\ 0,075 & 0,138 & 0,198 \end{bmatrix}$$

Como mencionado anteriormente, a hipótese de equilíbrio econômico em cada setor produtivo é dado pela igualdade entre suas receitas e seu valor da produção. Para o setor S_2 , por exemplo, esta condição pode ser escrita como:

$$z_{21} + z_{22} + z_{23} + Y_2 = X_2 \Leftrightarrow \sum_{j=1}^3 z_{2j} + Y_2 = X_2$$

A condição acima pode ser escrita, e generalizada, para todos os setores, de tal modo que:

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} + Y_i = X_i \quad (2)$$

para $1 \leq i \leq n$

sendo n o número de setores da economia

A partir da equação (1), obtém-se $z_{ij} = a_{ij} \cdot X_j$, que colocada na equação (2) torna-se:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot X_j + Y_i = X_i \quad (3)$$

O sistema de equações acima pode ser escrito na forma matricial como:

$$A \cdot X + Y = X \quad (4)$$

A equação matricial (4) pode ser resolvida para X (vetor com o valor da produção de cada um dos setores) em função de Y (vetor com o valor da demanda final de cada um dos setores), cujo resultado é:

$$X = (I - A)^{-1} \cdot Y \quad (5)$$

onde I é a matriz identidade de ordem n .

A equação (5) apresenta um resultado extremamente interessante, e geralmente não intuitivo. Ela nos fornece qual o valor da produção de cada um dos setores para atender à demanda final por um ou mais setores, considerando que um setor usa insumos dos outros setores para sua produção, e esses setores usam também insumos de outros setores para atender a demanda por estes insumos, e assim sucessivamente. Este efeito de somar os insumos necessários de todos os setores para atender a demanda final é chamado de efeito direto e indireto.

A partir da matriz $(I - A)^{-1}$ pode-se obter o valor da produção de todos os setores considerando a soma dos efeitos diretos e indiretos envolvidos em toda a cadeia produtiva para

atender a uma determinada demanda final. No exemplo da Tabela 3.1, a partir da matriz A obtida, a matriz $(I - A)^{-1}$ é igual a:

$$(I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} 1,127 & 0,114 & 0,018 \\ 0,478 & 1,677 & 0,223 \\ 0,188 & 0,299 & 1,287 \end{bmatrix}$$

Então, considere-se o exemplo de aumentar a demanda final (podendo ser o aumento das exportações) em R\$ 1 bilhão em produtos fornecidos pelo setor de transformação (setor S_2). Para que seja atendido este R\$ 1 bilhão, todos os setores econômicos da cadeia produtiva serão acionados, e o valor da produção adicional de cada setor será dado pelo uso da equação (5), que neste caso torna-se:

$$\Delta X = \begin{bmatrix} 1,127 & 0,114 & 0,018 \\ 0,478 & 1,677 & 0,223 \\ 0,188 & 0,299 & 1,287 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,114 \\ 1,677 \\ 0,299 \end{bmatrix}$$

Então, se as exportações por produtos produzidos pelo setor de transformação aumentarem em R\$ 1 bilhão, é necessária a produção adicional de R\$ 0,114 bilhão do setor agropecuária (setor S_1), R\$ 1,677 bilhão do setor de transformação (setor S_2) e R\$ 0,299 bilhão do setor de serviços (setor S_3). A soma dos valores das produções adicionais necessárias em cada setor totaliza R\$ 2,090 bilhões; ou seja, para que as exportações por produtos produzidos pelo setor de transformação aumentem em R\$ 1 bilhão, toda a economia precisa produzir R\$ 2,090 bilhões, devido aos efeitos diretos e indiretos envolvidos em toda a cadeia produtiva.

Portanto, o uso da equação (5) é um instrumento valioso para se avaliar o impacto na produção de todos os setores econômicos em função do choque realizado para se atender à demanda final por produtos de um ou mais setores.

De posse dos impactos nos valores da produção de cada setor, é possível calcular, também, os impactos sobre outras variáveis de interesse, como o PIB, empregos gerados, uso de energia primária, emissões de gases de efeito estufa, entre outras. Assumindo-se novamente o conceito de coeficientes técnicos diretos, a partir da Tabela 3.1 podem ser calculados, por exemplo, os coeficientes de empregos para cada um dos setores da economia. Para o setor S_2 (Transformação), ao dividir-se 18,195 milhões de empregos pelo valor da produção (R\$ 1.721,8

bilhões), resulta 10,567 mil empregos diretos para cada R\$ 1 bilhão no valor da produção desse setor. Esse valor, 10,567 mil empregos/R\$ 1 bilhão pode ser interpretado como um coeficiente técnico direto de empregos para o setor S_2 . Pode-se, então, definir um vetor **emp**, a partir das informações de empregos de cada setor e do respectivo valor da produção, do seguinte modo:

$$\text{emp} = \begin{bmatrix} \text{emp}_1 \\ \text{emp}_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \text{emp}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Emp}_1 / X_1 \\ \text{Emp}_2 / X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \text{Emp}_n / X_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

O vetor **emp**, no exemplo da Tabela 3.1, é igual a (os elementos do vetor **emp** estão em mil empregos/R\$ 1 bilhão):

$$\text{emp} = \begin{bmatrix} 97,6 \\ 10,6 \\ 28,7 \end{bmatrix}$$

Voltando-se ao exemplo do impacto causado devido ao aumento de R\$ 1 bilhão na demanda final por produtos do setor S_2 (Transformação), ao multiplicar-se os coeficientes técnicos diretos de emprego pelos respectivos aumentos das produções setoriais, tem-se os impactos na geração de empregos de cada um dos setores, considerando os efeitos diretos e indiretos em toda a cadeia produtiva. Nesse exemplo, os impactos causados na geração de empregos em cada setor seriam dados pelo vetor ΔEmp (em milhares de empregos):

$$\Delta\text{Emp} = \begin{bmatrix} 97,6 \times 0,114 \\ 10,6 \times 1,677 \\ 28,7 \times 0,299 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11,2 \\ 17,8 \\ 8,6 \end{bmatrix}$$

Então, o setor agropecuário (S_1) teria um acréscimo de 11,2 mil empregos, o setor de transformação (S_2) um acréscimo de 17,8 mil e o setor de serviços (S_3) um acréscimo de 8,6 mil. Somando-se os acréscimos de empregos em cada um dos setores, o acréscimo total seria de 37,6 mil empregos, dos quais 10,6 mil gerados diretamente no setor S_2 .

Portanto, para atender ao aumento na demanda final de R\$ 1 bilhão no setor S_2 , o número de empregos diretos no próprio setor é de 10,6 mil, que equivale a somente 28,2% do total gerado em toda a cadeia produtiva devido aos efeitos diretos e indiretos. Observe-se também que, quando computados os efeitos diretos e indiretos, o setor agropecuário responde por 29,7% do total de empregos, o setor transformação por 47,3% e o setor de serviços por 22,9%.

Usando-se o mesmo raciocínio para se quantificar os impactos sobre os empregos, é possível avaliar os impactos sobre outras variáveis, como o PIB, por exemplo. Pela ótica da renda, o PIB é a soma do valor adicionado gerado em cada um dos setores produtivos.

Define-se o vetor w , a partir das informações do valor adicionado de cada setor e do respectivo valor da produção, como:

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_1 / X_1 \\ W_2 / X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ W_n / X_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

O vetor w , no exemplo da Tabela 3.1, é igual a (os elementos do vetor w estão em R\$ bilhão/R\$ 1 bilhão):

$$w = \begin{bmatrix} 0,575 \\ 0,349 \\ 0,677 \end{bmatrix}$$

Para calcular os aumentos nos valores adicionados de cada setor (vetor ΔW), basta obter o produto dos coeficientes técnicos diretos do valor adicionado pelos respectivos aumentos na produção setorial; para um aumento na demanda final de R\$ 1 bilhão por produtos do setor S_2 , o impacto seria:

$$\Delta W = \begin{bmatrix} 0,575 \cdot 0,114 \\ 0,349 \cdot 1,677 \\ 0,677 \cdot 0,299 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,066 \\ 0,584 \\ 0,203 \end{bmatrix}$$

Então, o setor agropecuário (S_1) geraria um acréscimo no valor adicionado de R\$ 0,066 bilhão, o setor transformação (S_2) um acréscimo de R\$ 0,584 bilhão e o setor de serviços (S_3) um acréscimo de R\$ 0,203 bilhão; o acréscimo total no PIB seria de R\$ 0,853 bilhão.

A Tabela 3.2 apresenta os impactos totais (isto é, computando-se os efeitos diretos e indiretos) sobre o nível da produção setorial, sobre os empregos gerados e sobre o PIB supondo-se um aumento na demanda final de R\$ 1 bilhão por produtos do setor de transformação (setor S_2). Observe-se a grande diferença na participação setorial de cada um dos impactos avaliados para o mesmo acréscimo na demanda final.

Tabela 3. 2 Impactos diretos e indiretos devido ao aumento de R\$ 1 bilhão na demanda final por produtos do setor de transformação

Item	Valor da produção		Empregos		PIB	
	R\$(bilhão)	Participação	Qde. (mil)	Participação	R\$(bilhão)	Participação
S_1 : Agropecuária	0,114	5,5%	11,2	29,7%	0,066	7,7%
S_2 : Transformação	1,677	80,2%	17,8	47,3%	0,584	68,5%
S_3 : Serviços	0,299	14,3%	8,6	22,9%	0,203	23,8%
TOTAL	2,090	100,0%	37,6	100,0%	0,853	100,0%

3.2 Estruturas tecnológicas no modelo aberto de insumo-produto

Na seção anterior foi apresentada a concepção básica do modelo aberto de insumo-produto, usando-se como exemplo didático uma tabela de transações (Tabela 3.1) para a economia doméstica agregada em três setores produtivos, referente ao ano de 2004. A tabela citada mostra o consumo setorial e a demanda final em termos dos outros setores. Na dedução da equação fundamental do modelo (equação (5): $X = (I - A)^{-1} \cdot Y$), como as transações exibidas na Tabela 3.1 são em termos dos setores, fica implícito que cada setor produz somente um produto, e que cada produto é feito por um único setor.

Entretanto, a disponibilidade dos dados para a montagem de uma matriz de insumo-produto está relacionada aos dados que fazem parte do Sistema de Contas Nacionais (SCN), padronizados pela ONU em 1993 (FEIJÓ et al., 2001), que expressam o consumo dos setores e a produção setorial em termos dos produtos. Na maior parte dos casos, o número de produtos contabilizados no SCN é superior ao número de setores produtivos. Nesse sistema, duas tabelas

essenciais são disponibilizadas para a montagem da matriz de insumo-produto: as tabelas de recursos e usos.

Na tabela de usos encontra-se a matriz do consumo setorial (que será identificada por \mathbf{U}) e o consumo da demanda final em função dos produtos consumidos. Na tabela de recursos, a informação principal refere-se à matriz de produção (que será identificada por \mathbf{V}), que aponta o valor da produção de cada setor em relação aos produtos produzidos. É muito comum um setor produzir mais do que um produto, embora a maior parcela da produção de um setor concentra-se nos produtos que o caracterizam.

Como um setor produz mais do que um produto e o consumo intermediário é apresentado em função dos produtos, nas subseções **3.2.1** e **3.2.2** apresentam-se duas abordagens clássicas para reescrever a equação básica do modelo aberto de insumo-produto (equação (5): $\mathbf{X} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{Y}$) e, na subseção **3.2.3**, apresenta-se a metodologia proposta no âmbito desse trabalho para avaliar a inserção de tecnologias de produção de biodiesel.

Na discussão apresentada nessa seção, será considerada uma economia com n setores produzindo m produtos, onde, normalmente, $m > n$. Inicialmente, considere-se a matriz de consumo intermediário \mathbf{U} , dada por:

$$\mathbf{U} = [u_{i,j}] = \begin{bmatrix} u_{1,1} & u_{1,2} & \dots & u_{1,n} \\ u_{2,1} & u_{2,2} & \dots & u_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ u_{m,1} & u_{m,2} & \dots & u_{m,n} \end{bmatrix}$$

Observa-se que a matriz \mathbf{U} possui m linhas e n colunas. Um elemento qualquer $u_{i,j}$ da matriz \mathbf{U} deve ser interpretado como o valor que o setor j usou como insumo do produto i para realizar sua produção, identificada como x_j .

Como já mencionado, a tabela de usos apresenta o consumo da demanda final em termos dos produtos, que será identificada pelo vetor \mathbf{E} , dado por:

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_m \end{bmatrix}$$

Ao se efetuar a soma dos elementos da linha i da matriz \mathbf{U} com o elemento e_i , obtém-se o valor do produto i produzido pela economia doméstica (q_i), que é usado no consumo intermediário e consumido na demanda final. Essa igualdade pode ser escrita como:

$$\sum_{j=1}^n u_{i,j} + e_i = q_i \quad (8)$$

sendo $1 \leq i \leq m$ e $1 \leq j \leq n$

A equação (8) pode ser expressa matricialmente como:

$$\mathbf{U} \cdot \mathbf{i} + \mathbf{E} = \mathbf{Q} \quad (9)$$

onde $\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_m \end{bmatrix}$ é o vetor com o valor da produção dos produtos, e \mathbf{i}

identifica o vetor coluna com seus elementos iguais a 1.

A partir dos elementos da matriz \mathbf{U} , podem ser calculados os coeficientes técnicos diretos do consumo intermediário para cada setor produtivo como:

$$b_{i,j} = \frac{u_{i,j}}{x_j} \quad (10)$$

O número $b_{i,j}$ é interpretado como o valor que o setor j utiliza de insumo do produto i para produzir uma unidade monetária. Esse coeficiente é similar ao coeficiente $a_{i,j}$ definido na equação (1), com a diferença que o último representa o valor que o setor j emprega de insumo do setor i para produzir a mesma unidade monetária. A matriz com os coeficientes técnicos diretos dos setores em termos dos produtos usados como insumos é definida como:

$$\mathbf{B} = [b_{i,j}]$$

Cada coluna da matriz de uso \mathbf{U} traz os valores dos consumos intermediários dos setores em termos dos produtos usados como insumos; então, a divisão de uma coluna j qualquer da matriz \mathbf{U} pelo valor da produção do setor j (x_j) resultará nos coeficientes técnicos diretos de

produção do setor j em termos dos produtos empregados como insumos, ou seja, a coluna j da matriz B . Em termos matriciais, a matriz B pode ser obtida como:

$$B = U.(\hat{X})^{-1} \quad (11)$$

sendo \hat{X} a matriz diagonal obtida a partir do vetor de produção setorial

$$X, \text{ isto é, } \hat{X} = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_n \end{bmatrix}$$

Na equação (11), pós multiplicando-se os dois membros por \hat{X} , obtém-se:

$$B.\hat{X} = U \quad (12)$$

E, na equação acima, pós multiplicando-se os dois membros pelo vetor i , resulta em:

$$B.\hat{X}.i = U.i \Rightarrow B.X = U.i \quad (13)$$

Substituindo-se a equação (13) na equação (9), chega-se a:

$$B.X + E = Q \quad (14)$$

A equação (14) é similar à equação (4):

$$A.X + Y = X \quad (4)$$

Na equação (4), admitindo-se ser conhecida a matriz de coeficientes técnicos diretos A , tomando-se o vetor Y como variável exógena e considerando-se a hipótese de uma economia com n setores produtivos, têm-se um sistema linear com n equações e com n incógnitas (correspondente ao vetor X).

Na equação (14), supondo-se ser conhecida a matriz de coeficientes técnicos diretos B , o vetor E como variável exógena e considerando-se a hipótese de uma economia com n setores produtivos e m produtos, têm-se um sistema linear com m equações e com $(n + m)$ incógnitas (ou $(n + m)$ variáveis endógenas), correspondentes às componentes do vetor X e do vetor Q , respectivamente. Portanto, a solução da equação matricial (14) requer um conjunto adicional de equações, pois há um excesso de n incógnitas. A hipótese da tecnologia a ser adotada no modelo

fará parte desse conjunto complementar de equações, como será visto nas subseções 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3.

3.2.1 Tecnologia baseada na indústria

Considere-se a matriz de produção V , dada por:

$$V = [v_{i,j}] = \begin{bmatrix} v_{1,1} & v_{1,2} & \dots & v_{1,m} \\ v_{2,1} & v_{2,2} & \dots & v_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ v_{n,1} & v_{n,2} & \dots & v_{n,m} \end{bmatrix}$$

A matriz V possui n linhas e m colunas. Um elemento qualquer $v_{i,j}$ da matriz V deve ser interpretado como o valor que o setor i produz do produto j .

A soma das colunas da matriz V resultará no vetor com o valor da produção dos setores, identificado como vetor X . Em termos matriciais, têm-se:

$$X = V \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = V \cdot i \quad (15)$$

onde, novamente, i identifica o vetor coluna com seus elementos iguais a 1.

Por outro lado, a soma das colunas da matriz transposta de V resultará no vetor com o valor da produção dos produtos, identificado como Q . Em termos matriciais, têm-se:

$$Q = V^T \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = V^T \cdot i \quad (16)$$

A hipótese de tecnologia baseada na indústria pressupõe que um setor possui a mesma estrutura tecnológica, no que diz respeito aos insumos usados sobre o valor de sua produção setorial, independentemente do *mix* de produção em relação aos produtos produzidos (MILLER e BLAIR, 2009). Então, operando com este tipo de tecnologia, é possível para uma atividade

econômica alterar a proporção dos produtos produzidos sem alterar a proporção dos insumos usados em relação ao valor da produção da atividade.

Na hipótese de tecnologia baseada na indústria, supõe-se que a participação de cada setor no mercado de produção de cada produto que ele produz é constante. Na matriz de produção V , dividindo-se os elementos de uma coluna j qualquer pela sua soma (isto é, pelo valor da produção do produto j (q_j)), têm-se como resultado uma coluna cujos valores representam a participação da produção de cada setor no produto j .

Então, na hipótese de tecnologia baseada na indústria, se cada coluna da matriz V for dividida pela sua soma, obtém-se a matriz D , conhecida como matriz de *market share*, que traz, em cada coluna, a participação de cada setor na produção do produto referente à coluna (RAMOS, 1996).

$$D = V \cdot (\hat{Q})^{-1} \quad (17)$$

sendo \hat{Q} a matriz diagonal obtida a partir do vetor de produção dos

$$\text{produtos } Q, \text{ isto é, } \hat{Q} = \begin{bmatrix} q_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & q_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q_m \end{bmatrix}$$

Na equação (17), pós multiplicando-se os dois membros por \hat{Q} , obtém-se:

$$D \cdot \hat{Q} = V \quad (18)$$

E, na equação acima, pós multiplicando-se os dois membros pelo vetor i , resulta em:

$$D \cdot \hat{Q} \cdot i = V \cdot i \Rightarrow D \cdot Q = V \cdot i \quad (19)$$

Substituindo-se a equação (15) na equação (19), tem-se:

$$X = D \cdot Q \quad (20)$$

A equação matricial (20) representa um sistema linear com n equações e $(n + m)$ variáveis endógenas, dadas pelas n componentes do vetor X e pelas m componentes do vetor Q . O sistema de n equações lineares representado pela equação matricial (20) completa o sistema linear

de m equações representado pela equação matricial (14). A solução dos dois sistemas pode ser encontrada, simplesmente, pela substituição da equação (20) na equação (14):

$$B.D.Q + E = Q \quad (21)$$

cuja solução é:

$$Q = (I - B.D)^{-1}.E \quad (22)$$

A equação (22), conhecida como a versão produto *versus* produto do modelo de insumo-produto com a hipótese de tecnologia baseada na indústria, traz os impactos sobre o valor da produção dos produtos (vetor Q) necessário para atender à demanda final em termos dos produtos (vetor E), computando-se os efeitos diretos e indiretos envolvidos em toda a cadeia produtiva. O vetor Q , uma vez conhecido, pode ser substituído na equação (20) para determinar o valor da produção setorial (vetor X) para atender à demanda final.

3.2.2 Tecnologia baseada no produto

Considere-se a transposta da matriz de produção V , identificada por V^T :

$$V^T = [v_{j,i}] = \begin{bmatrix} v_{1,1} & v_{2,1} & \dots & v_{n,1} \\ v_{1,2} & v_{2,2} & \dots & v_{n,2} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ v_{1,m} & v_{2,m} & \dots & v_{n,m} \end{bmatrix}$$

Observa-se que a matriz V^T possui m linhas e n colunas.

A hipótese de tecnologia baseada no produto pressupõe que a estrutura tecnológica para produzir um determinado produto é a mesma, no que diz respeito à proporção dos insumos usados para sua produção, independentemente do setor que o produza (MILLER e BLAIR, 2009). Operando com este tipo de tecnologia, uma atividade econômica que fabrique diversos produtos irá produzi-los em proporções constantes.

Então, na hipótese de tecnologia baseada no produto, supõe-se que a participação de cada produto produzido em um determinado setor é constante. Na matriz V^T , ao dividir-se os elementos de uma coluna i qualquer pela sua soma (isto é, pelo valor da produção do setor i (x_i)), têm-se como resultado uma coluna cujos valores representam a participação da produção de cada produto no setor i .

Desse modo, na hipótese de tecnologia baseada no produto, se cada coluna da matriz V^T for dividida pela sua soma, obtém-se a matriz C , que traz, em cada coluna, a participação de cada produto na produção do setor referente à coluna. Em termos matriciais:

$$C = V^T \cdot (\hat{X})^{-1} \quad (23)$$

sendo \hat{X} a matriz diagonal obtida a partir do vetor da produção setorial

$$X, \text{ isto é, } \hat{X} = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_n \end{bmatrix}$$

Na equação (23), pós multiplicando-se os dois membros por \hat{X} , obtém-se:

$$C \cdot \hat{X} = V^T \quad (24)$$

E, na equação acima, pós multiplicando-se os dois membros pelo vetor i , resulta:

$$C \cdot \hat{X} \cdot i = V^T \cdot i \Rightarrow C \cdot X = V^T \cdot i \quad (25)$$

Como mencionado na subseção anterior, a soma das colunas da matriz V^T resultará no vetor com o valor da produção dos produtos, identificado como Q . Em termos matriciais:

$$Q = V^T \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = V^T \cdot i \quad (16)$$

Substituindo-se a equação (16) na equação (25), resulta:

$$Q = C \cdot X \quad (26)$$

A equação matricial (26) representa um sistema linear com m equações e $(n + m)$ variáveis endógenas, dadas pelas n componentes do vetor X e pelas m componentes do vetor Q . O sistema de m equações lineares representado pela equação (26), somado ao sistema linear de m equações representado pela equação matricial (14), resulta em um sistema com $2 \cdot m$ equações e $(n + m)$ incógnitas. Se o número de produtos (m) na economia é superior ao número de setores (n), haverá, na hipótese de tecnologia baseada no produto, um excesso de $(m - n)$ equações.

A equação (26) pode ser substituída na equação (14), cujo resultado é:

$$B.X + E = C.X \Rightarrow (C - B).X = E \quad (27)$$

A equação (27) representa um sistema linear com m equações e n variáveis endógenas, representadas pelas componentes do vetor X , tornando evidente, mais uma vez, o excesso de equações em relação ao número de variáveis endógenas.

Um sistema linear com equações independentes e com excesso de equações é um sistema sem solução (SIMON e BLUME, 2004). Uma abordagem possível para o sistema linear (27) é adicionar $(m - n)$ variáveis endógenas, que podem ser escolhidas entre as m componentes do vetor E (vetor da demanda final em termos dos produtos).

No caso em que o número de produtos e setores são iguais ($m = n$), o número de equações será igual ao número de variáveis endógenas, e a solução da equação (27) é:

$$X = (C - B)^{-1}.E \quad (28)$$

A equação (28), conhecida como a versão setor *versus* produto do modelo de insumo-produto com a hipótese de tecnologia baseada no produto, traz os impactos sobre o valor da produção dos setores (vetor X) necessário para atender à demanda final em termos dos produtos (vetor E), computando-se os efeitos diretos e indiretos envolvidos em toda a cadeia produtiva. Conhecidos os valores da produção setorial (vetor X), os valores da produção dos produtos (vetor Q) são calculados usando-se a equação (26).

3.2.3 Modelo proposto com tecnologia mista

O modelo desenvolvido neste trabalho deve ser adequado para inserir na economia diferentes cadeias produtivas de biodiesel, de tal modo que as tecnologias avaliadas possuam uma participação pré-definida na produção de biodiesel em relação ao óleo diesel (por exemplo, cenários B5) e na produção de co-produtos, entre eles a glicerina. Nesse sentido, a natureza do tema tratado nessa tese requer que o modelo de insumo-produto, usado para calcular os impactos de diferentes cenários simulados, seja capaz de avaliar a combinação de ambas as hipóteses tecnológicas mensuradas nas subseções 3.2.1 e 3.2.2.

Em um modelo de insumo-produto não é estritamente necessário adotar somente a hipótese de tecnologia baseada na indústria ou tecnologia baseada no produto. Essas hipóteses

podem ser combinadas no mesmo modelo, de tal modo que parte dos produtos ou setores podem usar uma ou outra abordagem (MILLER e BLAIR, 2009). Existem diferentes métodos para combinar essas tecnologias. Cunha (2005) propõe um método para a construção de um modelo de insumo-produto com tecnologia mista e que possua o mesmo número de setores e produtos.

Nessa subseção é apresentada uma proposta de extensão da abordagem sugerida por Cunha (2005) que permite o uso de tecnologia mista em um modelo de insumo-produto, onde o número de produtos é superior ao número de setores. A dedução da formulação será feita através de um pequeno modelo que simule a inserção na economia do setor produtor de biodiesel a partir da soja.

Suponha uma economia com 5 setores ($n = 5$) e 6 produtos ($m = 6$), descritos do seguinte modo: S_1 - Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja; S_2 - Produção de óleo diesel a partir do refino do petróleo; S_3 - Produção de soja; S_4 - Extração de petróleo e gás natural; S_5 - Resto da economia. Suponha que os produtos produzidos sejam: P_1 - Óleo diesel; P_2 - Glicerina bruta; P_3 - Torta de soja; P_4 - Soja em grão; P_5 - Petróleo; P_6 - Outros produtos. A formulação do modelo será derivada de um sistema de equações usando a matriz de usos U e a matriz de produção V , cujas estruturas para essa economia simplificada são ilustradas nas Figuras 3.2 e 3.3.

Observe-se que a estrutura da matriz U apresentada acima é semelhante à estrutura da Tabela 3.1, com a diferença que na Figura 3.2 o consumo intermediário (região correspondente à área sombreada) é apresentado em termos dos produtos, e não dos setores.

Conhecidos os coeficientes técnicos diretos dos setores e a demanda final em termos dos produtos, recorde-se que, nesse caso, a equação matricial (14) fornece um sistema linear com 6 equações e 11 variáveis endógenas (dadas pelas 5 componentes do vetor da produção setorial X e pelas 6 componentes do vetor da produção dos produtos Q):

$$B.X + E = Q \quad (14)$$

O sistema linear relacionado à equação acima pode ser escrito como:

$$\begin{cases} b_{1,1} \cdot X_1 + b_{1,2} \cdot X_2 + \dots + b_{1,5} \cdot X_5 + e_1 = q_1 \\ b_{2,1} \cdot X_1 + b_{2,2} \cdot X_2 + \dots + b_{2,5} \cdot X_5 + e_2 = q_2 \\ \vdots + \vdots + \dots + \vdots + \vdots = \vdots \\ b_{6,1} \cdot X_1 + b_{6,2} \cdot X_2 + \dots + b_{6,5} \cdot X_5 + e_6 = q_6 \end{cases} \quad (30)$$

Matriz U	S_1 Produção de biodiesel a partir da soja	S_2 Produção de óleo diesel mineral	S_3 Produção de soja	S_4 Extração de petróleo e gás natural	S_5 Resto da economia	E
P_1 Óleo diesel	$u_{1,1}$	$u_{1,2}$	$u_{1,3}$	$u_{1,4}$	$u_{1,5}$	e_1
P_2 Glicerina bruta	$u_{2,1}$	$u_{2,2}$	$u_{2,3}$	$u_{2,4}$	$u_{2,5}$	e_2
P_3 Torta de soja	$u_{3,1}$	$u_{3,2}$	$u_{3,3}$	$u_{3,4}$	$u_{3,5}$	e_3
P_4 Soja em grão	$u_{4,1}$	$u_{4,2}$	$u_{4,3}$	$u_{4,4}$	$u_{4,5}$	e_4
P_5 Petróleo	$u_{5,1}$	$u_{5,2}$	$u_{5,3}$	$u_{5,4}$	$u_{5,5}$	e_5
P_6 Outros produtos	$u_{6,1}$	$u_{6,2}$	$u_{6,3}$	$u_{6,4}$	$u_{6,5}$	e_6
<i>Import</i>	<i>Import</i> ₁	<i>Import</i> ₂	<i>Import</i> ₃	<i>Import</i> ₄	<i>Import</i> ₅	<i>Import</i> ₆
W	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_e

Figura 3. 2 Estrutura da matriz de uso (U) do modelo de tecnologia mista proposto

Os setores S_2 a S_5 são supostos operando com a tecnologia baseada na indústria, cuja produção em termos dos produtos é dada pela equação (20):

$$X = D \cdot Q \quad (20)$$

Admite-se, ainda, que o setor S_2 produz somente o produto óleo diesel (P_1), que o setor S_3 produz somente o produto soja em grão (P_4), o setor S_4 produz somente o produto petróleo (P_5) e que o setor S_5 produz os produtos glicerina bruta (P_2), torta de soja (P_3) e outros produtos (P_6). De acordo com a equação (20), a produção dos produtos pelos setores S_2 a S_5 é dada pela

multiplicação $d_{i,j} \cdot q_j$. Na Figura 3.3 pode-se observar a distribuição da produção dos setores S_2 a S_5 .

A hipótese sobre o setor S_1 é que este produz os produtos P_1, P_2, P_3 em proporções fixas, caracterizando o setor de acordo com a hipótese de tecnologia baseada no produto. Será suposto que estas proporções são parâmetros conhecidos, que são dadas por:

$$c_{1,1} = \frac{V_{1,1}}{X_1} \quad (31)$$

$$c_{1,2} = \frac{V_{1,2}}{X_1} \quad (32)$$

$$c_{1,3} = \frac{V_{1,3}}{X_1} \quad (33)$$

sendo evidente que

$$c_{1,1} + c_{1,2} + c_{1,3} = 1 \quad (34)$$

Das expressões (31), (32) e (33), pode-se determinar os valores das produções dos produtos P_1, P_2 e P_3 pelo setor S_1 :

$$V_{1,1} = c_{1,1} \cdot X_1 \quad (35)$$

$$V_{1,2} = c_{1,2} \cdot X_1 \quad (36)$$

$$V_{1,3} = c_{1,3} \cdot X_1 \quad (37)$$

Matriz V	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
	Óleo diesel	Glicerina bruta	Torta de soja	Soja em grão	Petróleo	Outros produtos
S_1 Produção de biodiesel a partir da soja	$c_{1,1} \cdot x_1$	$c_{1,2} \cdot x_1$	$c_{1,3} \cdot x_1$	0	0	0
S_2 Produção de óleo diesel mineral	$d_{2,1} \cdot q_1$	0	0	0	0	0
S_3 Produção de soja	0	0	0	$d_{3,4} \cdot q_4$	0	0
S_4 Extração de petróleo e gás natural	0	0	0	0	$d_{4,5} \cdot q_5$	0
S_5 Resto da economia	0	$\delta_{5,2} \cdot q_2$	$\delta_{5,3} \cdot q_3$	0	0	$d_{5,6} \cdot q_6$

Figura 3. 3 Estrutura da matriz de produção (V) do modelo de tecnologia mista proposto

Na matriz de produção V , nota-se que são conhecidos os parâmetros $c_{1,1}$, $c_{1,2}$, $c_{1,3}$ e $d_{2,1}$, $d_{3,4}$, $d_{4,5}$ e $d_{5,6}$. São variáveis endógenas: x_1 , q_1 , q_2 , q_3 , q_4 , q_5 , q_6 , como também $\delta_{5,2}$ e $\delta_{5,3}$. Portanto, o total de variáveis endógenas é igual a 13 (5 componentes do vetor de produção X , 6 componentes do vetor de produção Q , e as variáveis $\delta_{5,2}$ e $\delta_{5,3}$).

O sistema linear (30) fornece 6 equações. Restam, então, encontrar 7 equações para tornar o modelo factível. Inicialmente, observa-se que os setores S_2 a S_5 operam com a tecnologia baseada na indústria; portanto, para esses setores, deve-se aplicar a equação matricial (20), que fornecem mais 4 equações:

$$X = D.Q \quad (20)$$

que para os setores S_2 a S_5 significam:

$$x_2 = d_{2,1}.q_1 \quad (38)$$

$$x_3 = d_{3,4}.q_4 \quad (39)$$

$$x_4 = d_{4,5}.q_5 \quad (40)$$

$$x_5 = \delta_{5,2}.q_2 + \delta_{5,3}.q_3 + d_{5,6}.q_6 \quad (41)$$

Restam, portanto, determinar mais 3 equações, que são dadas pelas expressões para o cálculo das produções dos produtos P_1 , P_2 e P_3 , que são produzidos pelo setor S_1 com tecnologia baseada no produto:

$$c_{1,1}.x_1 + d_{2,1}.q_1 = q_1 \quad (42)$$

$$c_{1,2}.x_1 + \delta_{5,2}.q_2 = q_2 \quad (43)$$

$$c_{1,3}.x_1 + \delta_{5,3}.q_3 = q_3 \quad (44)$$

Em suma, o sistema de equações a ser resolvido (45), que corresponde ao modelo, refere-se ao sistema linear (30) e às equações (38) até (44):

$$\left\{ \begin{array}{l} b_{1,1}.x_1 + b_{1,2}.x_2 + \dots + b_{1,5}.x_5 + e_1 = q_1 \\ b_{2,1}.x_1 + b_{2,2}.x_2 + \dots + b_{2,5}.x_5 + e_2 = q_2 \\ \vdots + \vdots + \dots + \vdots + \vdots = \vdots \\ b_{6,1}.x_1 + b_{6,2}.x_2 + \dots + b_{6,5}.x_5 + e_6 = q_6 \\ x_2 = d_{2,1}.q_1 \\ x_3 = d_{3,4}.q_4 \\ x_4 = d_{4,5}.q_5 \\ x_5 = \delta_{5,2}.q_2 + \delta_{5,3}.q_3 + d_{5,6}.q_6 \\ c_{1,1}.x_1 + d_{2,1}.q_1 = q_1 \\ c_{1,2}.x_1 + \delta_{5,2}.q_2 = q_2 \\ c_{1,3}.x_1 + \delta_{5,3}.q_3 = q_3 \end{array} \right. \quad (45)$$

Observa-se que o sistema (45) é não-linear, pois envolve o produto de variáveis endógenas em algumas equações (por exemplo, os produtos $\delta_{5,2} \cdot q_2$ e $\delta_{5,3} \cdot q_3$). Esse sistema pode ser reescrito através da seguinte função:

$$F(x_1, \dots, x_5, q_1, \dots, q_6, \delta_{5,2}, \delta_{5,3}) = \bar{0} \quad (46)$$

sendo:

$$\bar{0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

e

$$F(x_1, \dots, x_5, q_1, \dots, q_6, \delta_{5,2}, \delta_{5,3}) = M \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \\ q_5 \\ q_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \\ e_6 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (47)$$

onde M é a seguinte matriz:

$$M = \begin{bmatrix} b_{1,1} & b_{1,2} & b_{1,3} & b_{1,4} & b_{1,5} & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{2,1} & b_{2,2} & b_{2,3} & b_{2,4} & b_{2,5} & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{3,1} & b_{3,2} & b_{3,3} & b_{3,4} & b_{3,5} & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ b_{4,1} & b_{4,2} & b_{4,3} & b_{4,4} & b_{4,5} & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ b_{5,1} & b_{5,2} & b_{5,3} & b_{5,4} & b_{5,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ b_{6,1} & b_{6,2} & b_{6,3} & b_{6,4} & b_{6,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -d_{2,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -d_{3,4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -d_{4,5} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -\delta_{5,2} & -\delta_{5,3} & 0 & 0 & -d_{5,6} \\ f_{1,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & (d_{2,1}-1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ f_{1,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (\delta_{5,2}-1) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ f_{1,3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (\delta_{5,3}-1) & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Embora a maior parte dos elementos da matriz M é constante, ela não é constante, pois os valores $\delta_{5,2}$ e $\delta_{5,3}$ são variáveis endógenas.

Como o sistema (46) é não-linear, sua solução será determinada através do emprego do método de Newton, um método numérico para estimar o zero de uma função. Um sistema não-linear com r equações e r variáveis endógenas (z_1, z_2, \dots, z_r) pode ser expresso como:

$$\begin{cases} f_1(z_1, z_2, \dots, z_r) = 0 \\ f_2(z_1, z_2, \dots, z_r) = 0 \\ \vdots = \vdots \\ f_r(z_1, z_2, \dots, z_r) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow F(Z) = \bar{0} \quad (49)$$

$$\text{onde } Z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_r \end{bmatrix} \text{ e } \bar{0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

O método de Newton é um processo iterativo, cujo algoritmo para o cálculo da aproximação Z^{K+1} , a partir da aproximação Z^K , é dado pela seguinte expressão:

$$Z^{K+1} = Z^K - J(Z^K).F(Z^K) \quad (50)$$

onde $J(Z^K)$ é o Jacobiano de F calculado em Z^K :

$$J(Z^K) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(Z^K)}{\partial z_1} & \frac{\partial f_1(Z^K)}{\partial z_2} & \dots & \frac{\partial f_1(Z^K)}{\partial z_r} \\ \frac{\partial f_2(Z^K)}{\partial z_1} & \frac{\partial f_2(Z^K)}{\partial z_2} & \dots & \frac{\partial f_2(Z^K)}{\partial z_r} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial f_r(Z^K)}{\partial z_1} & \frac{\partial f_r(Z^K)}{\partial z_2} & \dots & \frac{\partial f_r(Z^K)}{\partial z_r} \end{bmatrix} \quad (51)$$

No sistema (46), seja o vetor das variáveis endógenas Z dado por:

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 \\ \vdots \\ z_5 \\ z_6 \\ \vdots \\ z_{11} \\ z_{12} \\ z_{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_5 \\ q_1 \\ \vdots \\ q_6 \\ \delta_{5,2} \\ \delta_{5,3} \end{bmatrix} \quad (52)$$

Então, o sistema (46) pode ser reescrito como:

$$F(Z) = \vec{0} \quad (53)$$

O Jacobiano de $F(Z)$ na equação matricial (53) é uma extensão da matriz M :

$$J(Z) = M \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -q_2 & -q_3 \\ 0 & 0 \\ q_2 & 0 \\ 0 & q_3 \end{bmatrix} \quad (54)$$

Então, a expressão do algoritmo para aplicar o método de Newton ao sistema não-linear (46) é:

$$Z^{K+1} = Z^K + M^K \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -q_2^k & -q_3^k \\ 0 & 0 \\ q_2^k & 0 \\ 0 & q_k^3 \end{bmatrix} \cdot F(Z^K) \quad (54)$$

Para estimar os impactos e indicadores socioeconômicos e ambientais de diversos cenários das rotas de biodiesel, o modelo implementado de insumo-produto nesta tese resultou em um conjunto de 200 equações independentes e de 320 variáveis, das quais 73 dizem respeito ao valor

da produção de cada setor, 121 ao valor da produção dos 120 produtos (a 121^a refere-se ao valor total da importação de óleo diesel), 121 ao valor da demanda final por produtos e cinco são relativas a parâmetros que mudam de valor para ajustar a redução de óleo diesel importado de acordo com a participação de biodiesel (e a rota escolhida para sua produção) simulada na economia. Os 73 setores e os 121 produtos usados no modelo são encontrados no Anexo D, nas Tabelas D.1 e D.2, respectivamente.

O fato de o modelo contar com 200 equações independentes e 320 variáveis implica que, destas, 120 terão de ser obrigatoriamente exógenas. Naturalmente, o número de combinações possíveis entre as escolhas de variáveis endógenas e exógenas é muito elevado. A questão central é que, para cada cenário a ser avaliado, há uma escolha adequada de quais são as variáveis exógenas e quais as endógenas; essa escolha, tecnicamente, é chamada de fechamento do modelo. Para cada análise realizada no âmbito desta tese – descritas no Capítulo 5 –, foi encontrado o fechamento adequado, de tal modo que o sistema de equações pudesse ser resolvido do ponto de vista matemático, e, principalmente, que fizesse sentido sob a ótica econômica.

Capítulo 4

Dados e hipóteses das rotas avaliadas

O presente capítulo descreve como foram obtidos os dados empregados no modelo de insumo-produto para avaliar os impactos socioeconômicos e ambientais das principais rotas de produção de biodiesel no Brasil.

4.1 Perfil da produção de biodiesel no Brasil em 2010

De acordo com os dados do Boletim Mensal do Biodiesel (BRASIL, ANP, 2011), a produção total de biodiesel no Brasil em 2010 foi de 2.397 milhões de litros, que foram necessários para viabilizar uma mistura B5 aquele ano; dentre as matérias-primas utilizadas, o óleo de soja foi responsável por 82,2% da produção, o sebo bovino por 13,7%, o óleo de caroço de algodão por 2,4% e as demais matérias-primas por 1,7%. Em função deste perfil de produção do biodiesel no país, nesta tese foram avaliadas cinco rotas tecnológicas, que, em termos das matérias-primas usadas, responderam pela quase totalidade (mais de 98,3%) da produção em 2010; essas rotas são: (i) produção verticalizada de biodiesel a partir da soja, (ii) produção de biodiesel a partir do óleo de soja, (iii) produção verticalizada de biodiesel a partir de sebo bovino, (iv) produção de biodiesel a partir de óleo de algodão e (v) produção de biodiesel a partir de óleo de girassol obtido através de cooperativas de agricultores familiares.

O processo de transesterificação para a produção de biodiesel pode fazer uso de etanol ou metanol; tecnicamente, a rota metílica é vantajosa à etílica, sendo a mais usada no mundo (KNOTHE, 2006). Ainda que no Brasil a oferta de etanol possa ser abundante e a preço competitivo, a produção de biodiesel é majoritariamente realizada pela rota metílica – em 2009, das 48 empresas que produziram biodiesel, 42 usaram a rota metílica, correspondendo a 94,7% da produção do país (BRASIL, ANP, 2010). No ano de 2010, a produção de biodiesel aumentou 49,1% em relação a 2009, e a demanda por metanol para a produção de biodiesel aumentou, nesse mesmo período, 40,4%; portanto, pode-se inferir que, em 2010, 89,2% da produção de biodiesel no país foi feita pela rota metílica.

Em relação à oferta de metanol no país, a Figura 4.1 mostra que de 2001 a 2009 a importação foi sempre superior à produção nacional; nesse período, as exportações de metanol foram desprezíveis em relação ao consumo doméstico e a produção doméstica representou, em

média, 39,9% da oferta interna (BRASIL, MDIC, 2011). Em 2009, de acordo com o Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2010 (BRASIL, ANP, 2010), a produção de biodiesel demandou 159,3 mil toneladas, quantidade superior à produção nacional no ano, que foi de 101,7 mil toneladas (IBGE, 2011). Nos cenários para quantificação dos impactos da produção de biodiesel, será avaliada a rota etílica (sendo suposta a produção doméstica de etanol a partir da cana-de-açúcar) e a combinação das rotas etílica e metílica, supondo-se, nesse caso, 10% etílica e 90% metílica, com importação de 60% do metanol.

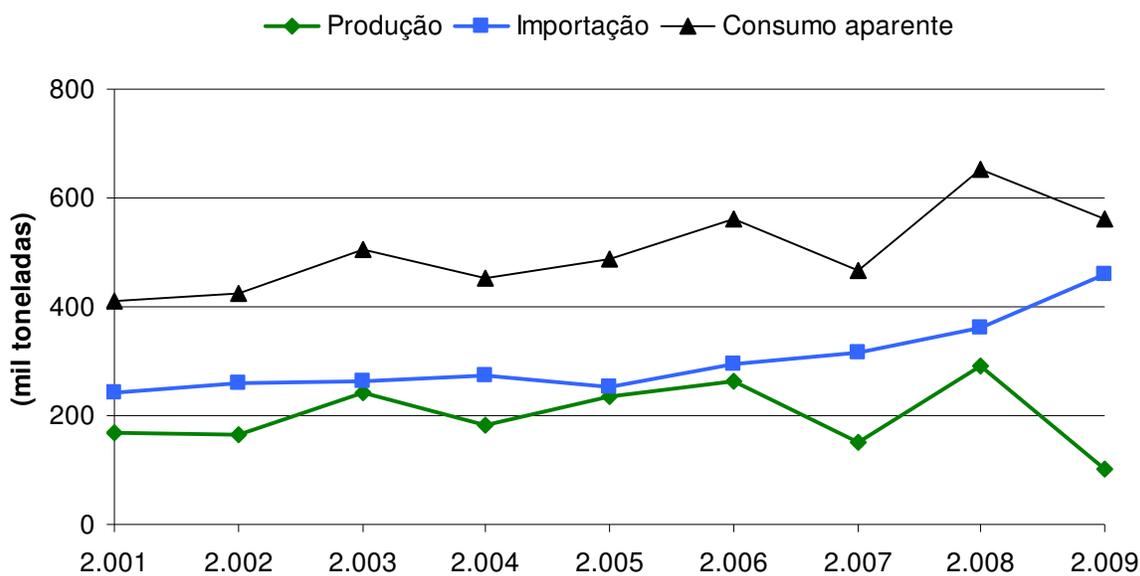


Figura 4. 1 Evolução da produção, importação e consumo aparente de metanol no Brasil

Fonte: Pesquisa Industrial Anual de 2001 a 2009 (IBGE, 2003 a 2011) e Ministério de Desenvolvimento da Indústria e Comércio (2011).

Na seção 4.2 descreve-se o processo de obtenção da matriz de insumo-produto referente ao caso base, com a desagregação de setores e produtos de interesse para o trabalho. Os dados e as hipóteses assumidas para a descrição tecnológica (no contexto da análise de insumo-produto) das rotas de produção de biodiesel são apresentados na seção 4.3. As etapas referentes à obtenção dos coeficientes de energia primária são apresentadas na seção 4.4 e, na seção 4.5, são descritas aquelas relacionadas com os coeficientes das emissões dos principais gases de efeito estufa (GEE) – dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O).

4.2 Obtenção da matriz de insumo-produto de 2004 referente ao caso base

O ano de 2004 foi escolhido como o ano de referência para o estudo dos impactos da produção de biodiesel porque esse foi o ano, no Brasil, que antecedeu a primeira produção de biodiesel no país. Nesse sentido, os impactos das diferentes rotas de produção de biodiesel foram quantificados supondo-se a estrutura tecnológica das atividades econômicas do Brasil no ano de 2004, e, através do emprego do modelo de insumo-produto (como descrito no Capítulo 3 – subseção 3.2.3) avaliaram-se os impactos sobre todas as atividades da economia com a introdução dessas rotas.

4.2.1 Estimativa de uma matriz de insumo-produto a partir das tabelas de recursos e usos

Até a data da conclusão deste trabalho, as duas matrizes de insumo-produto mais recentes divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) são dos anos 2.000 e 2.005. Entretanto, usando-se a técnica proposta por Guilhoto e Sesso (2005 e 2010) é possível estimar uma matriz de insumo-produto usando-se somente as tabelas de recursos e usos (divulgadas no Brasil pelo IBGE, essas integram o sistema de contas nacionais, cuja estrutura e organização foram padronizadas pela ONU em 1993 (FEIJÓ et al., 2001)).

No Brasil, as tabelas de recursos e usos são divulgadas com uma defasagem média de dois a três anos¹⁰; de 2000 a 2008 elas estão disponíveis em dois níveis de agregação: um com 42 setores produtivos e 80 produtos, e outro com 56 setores e 110 produtos. No Anexo A são apresentadas as listas de setores e produtos dos dois níveis de agregação.

A tabela de recursos traz as informações sobre a produção de cada setor em relação a cada produto da economia, e, para cada produto, traz a informação do total das importações, dos impostos indiretos (ICMS, IPI, Imposto de importação e outros impostos), das margens de comércio e das margens de transporte; a tabela de usos traz a informação do consumo de produtos a preço de consumidor¹¹ pelos setores produtivos e pelos agentes da demanda final, bem como as componentes do valor adicionado para cada atividade econômica.

¹⁰ A divulgação das tabelas de recursos e usos pelo IBGE costuma ocorrer entre os meses de setembro e outubro, e dizem respeito aos dados da economia de dois anos atrás. Assim, em outubro de 2011 espera-se que sejam divulgadas essas tabelas referentes ao ano de 2009.

¹¹ O preço de consumidor de um produto (ou serviço) é dado pela soma de seu preço básico com os respectivos valores de importação, impostos indiretos, margem de transporte e margem de comércio.

Sucintamente, estimar uma matriz de insumo-produto a partir das tabelas de recursos e usos significa obter a matriz de consumo de produtos pelas atividades econômicas e pelos agentes da demanda final a preços básicos, ou seja, desagregar (subtrair) as importações, os impostos indiretos, as margens de transporte e as margens de comércio dos respectivos valores a preços de consumidor.

4.2.2 Avaliação do erro ao se usar a matriz de 2004 para avaliar os impactos sobre a economia brasileira em 2008

A técnica proposta por Guilhoto e Sesso (2005 e 2010) foi usada, então, para se estimar as matrizes de insumo-produto para os anos de 2004 e 2008. O ano de 2004 é o ano de referência do estudo realizado nesta tese; a matriz de 2008 foi também estimada com o objetivo de se mostrar qual o erro cometido quando se usa a estrutura da economia de 2004 para se avaliar o impacto sobre a economia do ano de 2008. Tomando-se a demanda final da economia de 2008 a preços de 2004, fez-se um choque na demanda final com esses valores usando-se a matriz de coeficientes técnicos do ano de 2004 (matriz A, de acordo com a equação (5), Capítulo 3) obtendo-se, assim, o vetor estimado do valor da produção. Esse vetor foi corrigido a preços de 2008, e comparado com o vetor real de 2008.

Os resultados mostram que, dos 56 setores, em 49 deles (87,5%) o erro máximo cometido é inferior a 10,0%; em dois terços dos setores, os erros são inferiores a 4,0%. A conclusão, então, é que os erros cometidos ao se usar a matriz de 2004 para se avaliar os impactos sobre a economia de 2008 não comprometem a qualidade das conclusões da análise de impacto. Na Tabela B.1 do Anexo B são apresentados os erros nos valores da produção para cada uma das 56 atividades da economia.

4.2.3 Desagregação de setores e produtos de interesse para o modelo implementado

Uma das maiores dificuldades relacionadas à análise aplicada usando-se modelos de insumo-produto se deve ao fato de que, com frequência, os setores e/ou os produtos de interesse particular estão agregados a outros setores e/ou produtos da matriz de insumo-produto divulgada ou estimada a partir das tabelas de recursos e usos. No âmbito desta tese, esse fato não foi uma exceção à regra. Por exemplo, como a soja é a principal matéria-prima usada para a produção de biodiesel no Brasil, faz-se necessário, para se avaliar os impactos dessa rota, ter o setor agrícola

produtor de soja desagregado; no nível de desagregação de 56 setores, o setor produtor agrícola está totalmente agregado, correspondendo, assim, ao agregado dos setores produtores de soja, milho, cana-de-açúcar, arroz, algodão, trigo, café, frutas, legumes e outros produtos e serviços da lavoura.

A partir da matriz de insumo-produto de 2004, inicialmente estimada a partir das tabelas de recursos e usos com 56 atividades e 110 produtos, e, considerando-se as cinco rotas de produção de biodiesel avaliadas neste trabalho, foram desagregados mais 17 setores e mais 11 produtos, obtendo-se, assim, um modelo com 73 setores e 121 produtos. A Tabela 4.1 apresenta os setores e produtos desagregados, bem como a partir de quais setores e produtos essa desagregação foi feita.

Tabela 4. 1 Setores e produtos desagregados no modelo implementado

Setor desagregado	Setor de origem	Produto desagregado	Produto de origem
Produção verticalizada de biodiesel de soja	Sem correspondência ⁽⁴⁾	Biodiesel	Sem correspondência ⁽⁴⁾
Produção de biodiesel a partir do óleo de soja	Sem correspondência ⁽⁴⁾	Caroço de algodão	Algodão herbáceo ⁽¹⁾
Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino	Sem correspondência ⁽⁴⁾	Óleo de soja em bruto	Óleo de soja em bruto e tortas, bagaços e farelo de soja ⁽¹⁾
Produção de biodiesel a partir do óleo de algodão	Sem correspondência ⁽⁴⁾	Óleo de algodão em bruto	Óleos vegetais em bruto ⁽²⁾
Produção de biodiesel a partir do óleo de girassol familiar	Sem correspondência ⁽⁴⁾	Óleo de girassol em bruto para biodiesel	Sem correspondência ⁽⁴⁾
Produção familiar de óleo de girassol para biodiesel	Sem correspondência ⁽⁴⁾	Totas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	Óleo de soja em bruto e tortas, bagaços e farelo de soja ⁽¹⁾
Produção de algodão	Agricultura, silvicultura, exploração florestal ⁽¹⁾	Glicerol em bruto	Produtos químicos orgânicos ⁽¹⁾
Produção de óleo de soja em bruto	Fabricação de óleos vegetais ⁽²⁾	Óleo diesel mineral	Óleo diesel ⁽¹⁾
Produção de óleo de algodão em bruto	Fabricação de óleos vegetais ⁽²⁾	Rações	Óleos de milho, amidos e féculas vegetais e rações ⁽¹⁾
Produção de óleo diesel mineral	Refino de petróleo e coque ⁽¹⁾	Metanol	Produtos químicos orgânicos ⁽¹⁾
Misturadora de óleo diesel doméstico	Sem correspondência ⁽⁴⁾	Óleo diesel importado	Outros produtos importados ⁽³⁾
Produção de soja	Agricultura, silvicultura, exploração florestal ⁽¹⁾		
Produção de cana	Agricultura, silvicultura, exploração florestal ⁽¹⁾		
Abate de bovinos	Abate de animais ⁽²⁾		
Atividade de beneficiamento de fibras naturais e fiação	Têxteis ⁽¹⁾		
Fabricação de ração animal	Outros produtos alimentares ⁽²⁾		
Indústria de açúcar	Indústria de açúcar ⁽²⁾		

- (1): Setor ou produto das tabelas de recursos e usos no nível de agregação com 56 setores e 110 produtos;
- (2): Setor ou produto das tabelas de recursos e usos no nível de agregação com 42 setores e 80 produtos;
- (3): Desagregado de acordo com a proporção do valor monetário de todo o óleo diesel importado em relação ao valor da produção de todo o óleo diesel produzido domesticamente;
- (4): Produtos ou setores não existentes em 2004, e que são introduzidos na economia de acordo com o choque referente ao cenário da produção de biodiesel.

Fonte: Dados da pesquisa

O processo de desagregação dos setores e produtos, exceto os setores de produção de biodiesel e de produção de óleo de girassol através da agricultura familiar, foi dividido em duas fases:

(i) a primeira fase, mais simples, consistiu em se identificar o valor da produção dos produtos e dos setores desagregados a partir de outras fontes de informação, sendo a Produção Agrícola Municipal – PAM – (IBGE, 2005) usada para os produtos agrícolas e a Pesquisa Industrial Anual – PIA – (IBGE, 2006) usada para os produtos do setor industrial. Com esses valores, obtém-se a desagregação imediata da produção dos produtos e setores na matriz de produção;

(ii) a segunda fase consistiu em se obter a estrutura tecnológica dos setores desagregados, que foi feita levando-se em consideração a estimativa do uso dos principais insumos a partir de publicações especializadas – como o Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira (AGRIANUAL, 2005) para os setores agrícolas –, e dos próprios coeficientes técnicos dos setores de origem da matriz de insumo-produto inicialmente estimada – como os setores produtores de óleos vegetais, por exemplo. As informações sobre os empregos e os rendimentos dos setores produtores de cana, soja e algodão foram obtidas a partir dos resultados de Hoffmann e Oliveira (2008), baseado nos dados da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, divulgada pelo IBGE) de 2002 a 2006.

A configuração tecnológica dos setores de produção de biodiesel e da produção de óleo de girassol, em termos dos coeficientes técnicos diretos e do perfil de sua produção, foi feita usando-se as informações da literatura específica para essas atividades, sendo descritas em detalhe na seção 4.3 (Dados das rotas de produção de biodiesel).

A matriz de coeficientes técnicos diretos (ver subseção 3.2.1, Capítulo 3) do modelo usado neste estudo é apresentada no Anexo C.

4.3 Dados das rotas de produção de biodiesel

A descrição tecnológica de cada rota produtora de biodiesel é entendida, em última instância, em termos da identificação dos principais insumos usados em cada uma delas, e, por conseguinte, na obtenção dos coeficientes técnicos usados no modelo de insumo-produto para avaliação dos impactos da introdução dessas rotas na cadeia produtiva da economia. A descrição de cada uma das cinco rotas de produção de biodiesel e da atividade produtora de óleo de girassol por cooperativas de agricultores familiares é apresentada nas subseções 4.3.3 a 4.3.8.

Na Tabela 4.2 é apresentada uma lista dos produtos mais relevantes nas cinco rotas de produção de biodiesel, seja porque são usados como insumos ou porque são produtos dessas rotas. Essa tabela mostra, ainda, os seus preços e como foram estimados.

Tabela 4. 2 Preços de produtos mais relevantes das rotas de biodiesel avaliadas (R\$ 2004)

Produto	Preço básico	Obtenção
Óleo diesel mineral doméstico ¹	R\$ 0,736/L e R\$ 0,785/L	O valor de R\$ 0,785/L foi obtido a partir dos valores da Tabela de Usos e do Balanço Energético Nacional
Óleo diesel mineral importado ²	R\$ 0,988/L e R\$ 1,055/L	O valor de R\$ 1,055/L foi obtido a partir dos valores da Tabela de Usos e do Balanço Energético Nacional
Biodiesel	Admitido igual à mistura biodiesel com óleo diesel mineral	

Soja	R\$ 705,97/t	Tabela de Usos e Produção Agrícola Municipal
Cana-de-açúcar	R\$ 28,46/t	Tabela de Usos e Produção Agrícola Municipal
Óleo de soja em bruto	R\$ 1.890/t	Tabela de Usos, ABIOVE e Pesquisa Industrial Anual
Óleo de algodão em bruto	R\$ 1.864/t	Pesquisa Industrial Anual
Óleo de girassol em bruto para Tortas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	R\$ 1.798/t	Pesquisa Industrial Anual
Sebo bovino	R\$ 747/t	Tabela de Usos, ABIOVE e Pesquisa Industrial Anual
Glicerol em bruto	R\$ 686/t	Pesquisa Industrial Anual 2004
Etanol	R\$ 300/t	Preço médio de exportação em 2010 (BRASIL, MDIC, 2011)
Metanol doméstico	R\$ 0,898/L	Tabela de Usos e Balanço Energético Nacional
Metanol importado	R\$ 0,772/L	86% do preço do etanol, de acordo com a Pesquisa Industrial Anual de 2004
		87% do preço do metanol doméstico em 2004, de acordo com o MDIC

(1): Assumiu-se que os preços básicos do óleo diesel mineral e do biodiesel são os mesmos, e que variam de acordo com o teor da mistura de biodiesel ao óleo diesel mineral; R\$ 0,736 se refere aos cenários com mistura B100, e R\$ 0,785 aos cenários B0; o preço máximo chega a R\$ 0,806 na mistura B22,1. A explicação sobre este assunto consta na subseção 4.3.1;

(2): Assumiu-se que o preço básico do óleo diesel mineral importado tem a mesma proporção em relação ao doméstico (observada em 2004); R\$ 0,988 se refere aos cenários com mistura B100, e R\$ 1,055 aos cenários B0; o preço máximo chega a R\$ 1,083 na mistura B22,1.

4.3.1 Variação do preço do óleo diesel mineral e do biodiesel

Para cada atividade da economia, os coeficientes técnicos são obtidos pela divisão dos valores monetários estimados do consumo dos insumos pelo valor total da produção, que é obtida pela receita dos valores monetários dos produtos produzidos pela atividade. Quanto a esse aspecto, as cinco atividades que se referem às rotas de produção de biodiesel e o setor produtor de óleo diesel mineral apresentam uma particularidade no modelo.

De acordo com Knothe et al. (2006), o consumo específico do biodiesel (em base mássica) (B100) é, normalmente, 12,5% superior ao óleo diesel mineral; considerando-se as densidades desses combustíveis, o consumo específico em volume do biodiesel é 7,4% maior. Há diversos estudos que avaliaram o desempenho de motores diesel operando com diferentes misturas de biodiesel e óleo diesel mineral; entretanto, os resultados desses estudos apresentam certa variação (MACHADO, 2008).

Bueno (2006) avaliou o desempenho da adição de biodiesel (éster etílico de óleo de soja) ao óleo diesel mineral em um motor diesel até a mistura B20, chegando à conclusão que, até este nível de mistura, há um aumento na eficiência da operação do motor comparada com o uso do óleo diesel mineral. Como o desempenho das misturas de biodiesel e óleo diesel varia em função do teor de biodiesel, foi obtida, nesta tese, uma equação ajustada que fornece a estimativa do preço relativo da mistura em relação ao óleo diesel mineral (B0), levando-se em consideração a mudança do consumo da mistura. Sendo assim, no modelo os valores das receitas da produção de óleo diesel mineral e biodiesel mudam em função do teor de biodiesel e, por conseguinte, seus coeficientes técnicos.

A curva ajustada é fundamentada nos resultados de Castellaneli et al. (2008), que avaliaram o desempenho de misturas de biodiesel etílico de soja em um motor Cummins 4BTA 3.9, operando sem o turbo-compressor. A Tabela 4.3 mostra os resultados dos consumos específicos médios (em base volumétrica) em função do teor de biodiesel a partir do estudo feito por esses autores, bem como os parâmetros de aumento de consumo e preço relativo da mistura em relação ao óleo diesel mineral.

Tabela 4. 3 Parâmetros usados para o rendimento de misturas de biodiesel

Mistura	Consumo específico (cm ³ /kW.h) ^a	Consumo específico relativo a B0	Preço relativo a B0 (%)
B0	368,2	1,000	100,0
B2	357,9	0,972	102,9
B5	358,5	0,974	102,7
B10	362,7	0,985	101,5
B20	357,7	0,972	102,9
B50	363,2	0,986	101,4
B75	367,7	0,999	100,1
B100	393,7	1,069	93,5

(a): Resultados obtidos a partir de Castellaneli (2008)

Na Tabela 4.3 nota-se que o aumento do consumo volumétrico do B100 observado por Castellaneli et al. (2008) é 6,9% superior ao com óleo diesel mineral, valor próximo dos 7,4% relatado por Knothe (2006). Então, se o uso da mistura B100 requer um consumo 6,9% maior em relação ao do óleo diesel mineral, poderia ser admitido que o preço do B100, para ser equivalente ao óleo diesel mineral, deveria ser 1/1,069, ou seja, 93,5 % do preço do óleo diesel mineral, como mostrado na Tabela 4.3.

Para que o modelo de insumo-produto usado nesta tese pudesse estimar o preço da mistura em um determinado cenário, ajustou-se uma curva dos preços relativos ao óleo diesel mineral em função do teor de biodiesel da Tabela 4.3, como exibido na Figura 4.2, sendo excluídos os valores relativos às misturas B2 e B5 para facilitar o ajuste. A equação que descreve a curva de ajuste ($y = -0,856.x^4 + 1,637.x^3 - 1,149.x^2 + 0,305.x + 1,000$, sendo y o preço relativo e x o teor de biodiesel, ambos expressos em porcentagem) é usada no modelo para estabelecer o preço do biodiesel e do óleo diesel mineral para uma mistura dada; assim, se o cenário avaliado é B5, admite-se que o preço da mistura biodiesel e óleo diesel mineral correspondem a 101,3% do preço básico do óleo diesel mineral estimado em 2004. Nessa curva, o preço relativo atinge seu valor máximo (102,69%) para a mistura B22,1 e atinge seu mínimo (93,70%) para a mistura B100.

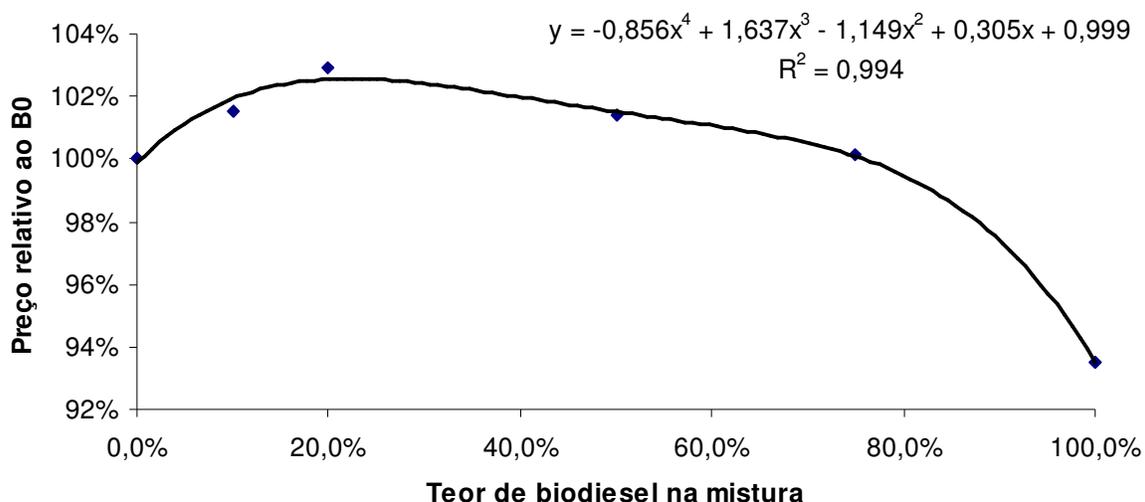


Figura 4. 2 Curva de ajuste de preços relativos das misturas de biodiesel em relação ao óleo diesel mineral (base volumétrica)

No modo como o modelo de insumo-produto foi implementado, para um dado nível de mistura de biodiesel ao óleo diesel mineral é possível explorar variações do consumo devido ao aumento ou à queda do rendimento da mistura em relação ao combustível fóssil; entretanto, devido ao ajuste de preços colocado no modelo, as despesas com qualquer mistura de óleo diesel mineral e biodiesel seriam as mesmas em qualquer condição.

Quando há reduções de preço da mistura, aumenta a necessidade de subsídios da produção de biodiesel, ocorrendo o inverso quando há aumento de preço.

4.3.2 Perfil da capacidade de produção das plantas de biodiesel

Para a determinação dos coeficientes técnicos de produção das rotas de biodiesel foi necessário estabelecer uma capacidade de produção de uma planta que pudesse ser admitida como representativa do setor. Essa capacidade tem importância porque o nível de investimento por quantidade produzida (investimento específico) diminui com o aumento da capacidade da planta devido ao efeito escala. Para essa finalidade, foram analisados os dados das unidades de produção de biodiesel do ano de 2010 no Brasil, divulgados pela ANP (BRASIL, ANP, 2011). De acordo com a ANP, a produção de biodiesel no país, em 2010, foi de 2,397 bilhões de litros; naquele ano, havia 66 unidades instaladas com autorização da ANP, cuja capacidade nominal anual de produção era de 5,838 bilhões de litros – ou seja, em 2010, a produção real de biodiesel

atingiu 41,1% da capacidade nominal do parque instalado. Entretanto, das 66 unidades produtoras autorizadas, 54 produziram de fato. A Figura 4.3 apresenta a distribuição dessas 54 unidades, classificadas em sete classes de capacidade nominal de produção.

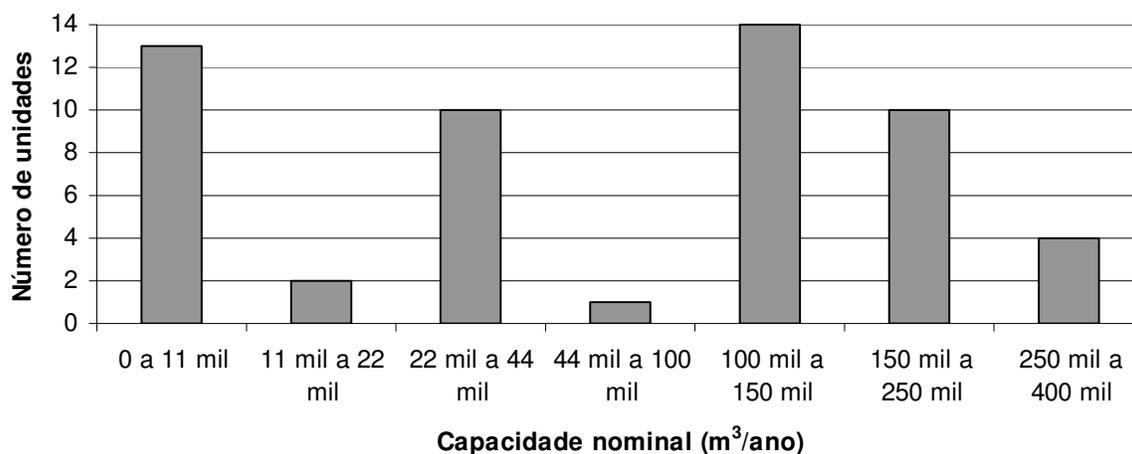


Figura 4. 3 Distribuição da capacidade nominal das 54 unidades que produziram biodiesel no Brasil em 2010

As maiores plantas, ou seja, aquelas com capacidade nominal acima de 100 mil m³ anuais, somam 28 unidades – praticamente a metade do parque que produziu biodiesel. Um exame dos dados apresentados na Tabela 4.4 mostra que essas plantas com grande capacidade responderam por 92,3% de toda a produção. Para o cálculo da capacidade da planta representativa, levou-se em consideração a média da capacidade nominal das plantas com capacidade superior a 22 mil m³ anuais, correspondendo a 72,2% do número de plantas e que responderam por 98,3% de toda a produção em 2010. A média resulta a produção de 142,3 mil m³ anuais; sendo 0,88 kg/L a densidade do biodiesel, adotou-se a capacidade de 125 mil toneladas anuais como representativa do parque produtor em 2010.

Os investimentos totais para uma planta de biodiesel com capacidade de produção anual de 125 mil toneladas foram estimados em R\$ 34,9 milhões (valores de 2004), e foram obtidos a partir do ajuste de uma curva dos investimentos na planta de transesterificação em função da capacidade de produção, a partir dos dados divulgados por Olivério (2007).

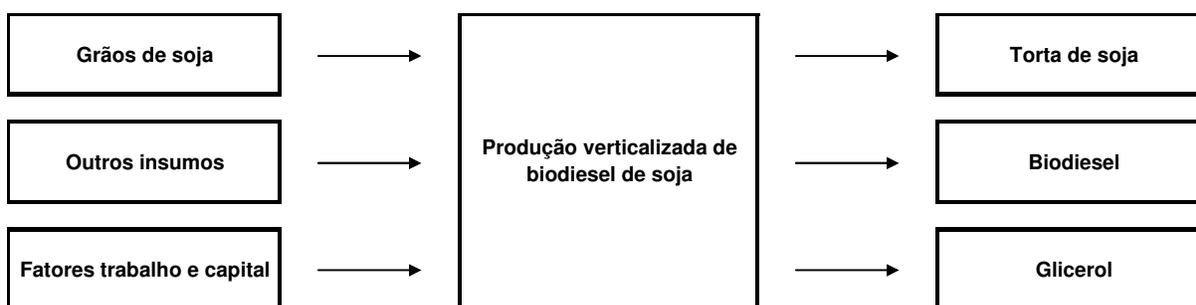
Tabela 4. 4 Produção das plantas de biodiesel no Brasil em 2010

Classe (m ³ /ano)	Capacidade nominal total (m ³ /ano)	Produção em 2010 (m ³)	Participação na produção (%)	Ocupação em 2010 (%)
Até 11 mil	80.172	20.338	0,8	25,4
11 mil a 22 mil	36.000	20.235	0,8	56,2
22 mil a 44 mil	347.141	120.555	5,0	34,7
44 mil a 100 mil	68.566	24.191	1,0	35,3
100 mil a 150 mil	1.733.285	649.551	27,1	37,5
150 mil a 250 mil	2.046.211	850.128	35,5	41,5
250 mil a 400 mil	1.354.439	712.273	29,7	52,6
Total	5.665.813	2.397.271	100,0	42,3

Fonte: ANP (BRASIL, ANP, 2011).

4.3.3 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja

Nessa rota supõem-se unidades industriais que recebem os grãos de soja e os processam com grande capacidade de esmagamento. As unidades industriais, após o esmagamento dos grãos, utilizam seu óleo para produção de biodiesel; a glicerina e a torta da soja são os demais produtos das unidades industriais. A Figura 4.4 é um esquema simplificado dos fluxos dessas unidades.

**Figura 4. 4** Fluxos das plantas verticalizadas de biodiesel de soja

Para análise de insumo-produto, em termos dos coeficientes técnicos diretos desse setor, admitiu-se que a estrutura das despesas da atividade seria aquela do setor produtor de óleo de soja em bruto somada com as despesas das instalações de uma planta produtora de biodiesel em larga escala; ou seja, a atividade de produção verticalizada de biodiesel a partir da soja consiste na produção de óleo de soja em bruto (produzindo, também, a torta e o farelo de soja), com as plantas de produção de biodiesel anexas às esmagadoras de grãos de soja.

A configuração tecnológica desse setor produtor de biodiesel foi estabelecida a partir de uma planta padrão que fosse representativa da atividade; nesse sentido, admitiu-se a planta de biodiesel com capacidade de produção de 125 mil toneladas anuais, demandando um investimento de R\$ 34,9 milhões (ver subseção 4.3.2). Em relação ao consumo de insumos, usou-se a descrição apresentada por Olivério et al. (2008), que é apresentada na Tabela 4.5.

Tabela 4. 5 Consumo de insumos por tonelada de biodiesel

Item	Consumo(kg)/t de biodiesel	Consumo/t de biodiesel (valores monetários – R\$ 2004)
Óleo de soja (rota etílica)	956,0	1.806,49
Óleo de soja (rota metílica)	1.000,0	1.889,63
Etanol	154,0	174,83
Metanol	100,0	89,00 ⁽¹⁾
Catalisador (rota etílica)	33,4	91,67
Catalisador (rota metílica)	18,3	50,24
Outros produtos químicos		19,21
Utilidades		33,81
Fator trabalho		24,27

Obs.: (1) Supôs-se 60% do metanol importado

Fonte: Adaptado a partir dos dados de Olivério et al. (2008).

As despesas com o fator trabalho foram estimadas a partir das informações do número de empregos das unidades produtoras de biodiesel em 2009 (BIODIESELBR, 2010), sendo admitido que as remunerações por emprego sejam iguais ao do setor produtor de óleo de soja em bruto. Estimou-se que são gerados 96 empregos diretos em uma planta com capacidade de produção anual de 125 mil toneladas.

Considerando-se a planta de biodiesel anexa à esmagadora dos grãos de soja, a quantidade de óleo de soja consumida anualmente na planta produtora de biodiesel será, naturalmente, a quantidade de óleo vegetal que deverá ser produzida pela esmagadora dos grãos, determinando, desse modo, a quantidade de grãos de soja esmagada e a quantidade produzida de torta de soja. Usando-se os coeficientes técnicos diretos do setor produtor de óleo de soja (e de farelo de soja), obtidos na matriz de insumo-produto estimada para o ano de 2004, obtém-se os valores monetários dos insumos e dos fatores de produção usados na planta esmagadora dos grãos de soja para abastecer a planta de biodiesel com capacidade de 125.000 toneladas anuais. Considerando o nível de agregação dos produtos da matriz de insumo-produto usada para este estudo, são apresentados, na Tabela 4.6, os valores monetários dos principais insumos e dos fatores de produção da planta produtora de óleo (e de torta) de soja e da planta de biodiesel pela rota etílica referentes à produção de 125.000 toneladas do biocombustível; na Tabela 4.7, apresentam-se os valores correspondentes à rota metílica (supondo-se 60% do metanol importado).

Tabela 4. 6 Valores monetários (R\$ mi de 2004) dos principais insumos e fatores de produção usados na planta produtora de óleo (e torta) de soja e na planta de biodiesel pela rota etílica com capacidade de produção de 125.000 t ao ano

Item	Produção de óleo de soja	Produção de biodiesel	Despesas totais
Soja	439,392	0,000	439,392
Etanol	0,000	21,847	21,847
Metanol	0,000	0,000	0,000
Produtos químicos inorgânicos	0,613	11,459	12,072
Químicos diversos	1,167	2,402	3,569
Óleo combustível	1,351	16,961	18,312
Utilidades	5,055	4,226	9,281
Margem de comércio	32,600	0,848	33,448
Transporte de carga	8,082	0,486	8,568
Intermediação financeira	9,200	0,000	9,200
Outros insumos domésticos	16,433	0,000	16,433
Importações	5,035	0,000	5,035
Impostos indiretos	14,052	3,817	17,869
Fator trabalho	16,404	3,034	19,438
Fator capital	48,479	5,398 ⁽¹⁾	53,878
Impostos diretos	3,753	0,000	3,753
Total	601,616	70,478	672,095

Obs.: (1) Admitida vida útil de 25 anos e taxa de remuneração do capital de 15% a.a. sobre o investimento de R\$ 34,9 milhões

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 4. 7 Valores monetários (R\$ mi de 2004) dos principais insumos e fatores de produção usados na planta produtora de óleo (e torta) de soja e na planta de biodiesel pela rota metálica, com capacidade de produção de 125.000 t ao ano

Item	Produção de óleo de soja	Produção de biodiesel	Despesas totais
Soja	459,616	0,000	459,616
Etanol	0,000	0,000	0,000
Metanol	0,000	4,825	4,825
Produtos químicos inorgânicos	0,642	6,280	6,921
Químicos diversos	1,221	2,402	3,622
Óleo combustível	1,413	17,741	19,154
Utilidades	5,288	4,226	9,514
Margem de comércio	34,101	1,012	35,112
Transporte de carga	8,454	0,276	8,730
Intermediação financeira	9,624	0,000	9,624
Outros insumos domésticos	17,186	0,000	17,186
Importações	5,266	6,297	11,563
Impostos indiretos	14,699	1,536	16,235
Fator trabalho	17,159	3,034	20,193
Fator capital	50,711	5,398 ⁽¹⁾	56,109
Impostos diretos	3,926	0,000	3,926
Total	629,306	53,026	682,332

Obs.: (1) Admitida vida útil de 25 anos, e taxa de remuneração do capital de 15% a.a. sobre o investimento de R\$ 34,9 milhões

Fonte: Dados da pesquisa

Os valores dos produtos produzidos na planta de biodiesel (com capacidade de produção de 125.000 toneladas anuais do biocombustível) anexa à esmagadora dos grãos são apresentados na Tabela 4.8. No modelo usado para avaliar os impactos dessa rota de produção de biodiesel, as

participações de cada um dos três produtos na receita total são admitidas serem constantes, de acordo com a hipótese de tecnologia baseada no produto, conforme descrito no Capítulo 3, subseção 3.2.2.

Tabela 4. 8 Valores dos produtos na planta padrão de biodiesel anexa à esmagadora de soja

Rota etílica			
Item	Quantidade (t)	Valor monetário (milhão de R\$ de 2004)	Participação (%)
Torta de soja	502.896 ⁽¹⁾	375,805 ⁽²⁾	76,4
Biodiesel	125.000	111,540 ⁽³⁾	22,7
Glicerol	14.625 ⁽⁴⁾	4,388	0,9
Total		491,733	100,0

Rota metílica			
Item	Quantidade (t)	Valor monetário (milhão de R\$ de 2004)	Participação (%)
Torta de soja	526.042 ⁽¹⁾	393,102 ⁽²⁾	77,2
Biodiesel	125.000	111,540 ⁽³⁾	21,9
Glicerol	14.625 ⁽⁴⁾	4,388	0,9
Total		509,030	100,0

(1): Admitiu-se que a produção de 1 t de óleo de soja gera 4,33 t de torta de soja (Mourad, 2008);

(2): Preço básico da torta de soja, R\$ 747/t, obtido a partir da produção física divulgada pela ABIOVE e pelo valor da produção do produto em 2004, a partir da tabela de recursos (IBGE, 2010);

(3): Densidade do biodiesel igual a 0,88 kg/L (Olivério et al., 2008); preço básico do biodiesel admitido igual ao preço básico do óleo diesel mineral, no valor de R\$ 0,785/L, de acordo com a produção de 2004 (EPE, 2010), e de acordo com o valor da produção do óleo diesel em 2004, a partir da tabela de recursos (IBGE, 2010);

(4): Admitiu-se a produção de 117 kg de glicerol para cada tonelada de biodiesel produzido (Olivério et al., 2008)

Os valores monetários apresentados na Tabela 4.8 mostram que a receita total anual obtida pela planta produtora de biodiesel, anexa à esmagadora, é inferior às despesas totais (que

incluem as despesas com o fator capital) apresentadas na Tabela 4.6 e na Tabela 4.7; as diferenças, nos valores de R\$ 180,361 milhões e R\$ 173,302 milhões para as rotas etílica e metílica, respectivamente, são admitidas como sendo subsídios à atividade. Para que não houvesse a necessidade desses subsídios, bastaria adicionar ao preço básico do biodiesel (considerado igual ao do óleo diesel mineral, ou seja, R\$ 0,785/L) o valor de R\$ 180,361 milhões dividido pela produção de 142,045 milhões de litros, resultando em um preço final de R\$ 2,055/L para a rota e etílica; o mesmo raciocínio aplicado à rota metílica resultaria em um preço de R\$ 2,005/L. Estes valores são próximos aos preços médios pagos pelos leilões realizados pela ANP, como se nota na Tabela 2.4 (ver Capítulo 2).

Para a implementação da rota tecnológica no modelo de insumo-produto, os coeficientes técnicos diretos dos principais insumos são obtidos dividindo-se os valores monetários totais de seu consumo (Tabela 4.6) pelo valor total da receita da planta padrão (R\$ 491,733 milhões na rota etílica e R\$ 509,030 milhões na rota metílica); os valores dos coeficientes são apresentados na Tabela 4.9.

Como exposto no Capítulo 3 em relação aos princípios do modelo de insumo-produto, a soma de todos os coeficientes técnicos deve ser igual à unidade. O valor negativo dos impostos diretos é relativo à necessidade de subsidiar a atividade; em particular, para a rota etílica, há um subsídio de R\$ 0,359 para cada R\$ 1,000 faturado (R\$ 0,227 com a venda de biodiesel, R\$ 0,764 com a torta de soja e R\$ 0,009 com o glicerol); para a rota metílica, há um subsídio de R\$ 0,333 para cada R\$ 1,000 faturado (R\$ 0,219 com a venda de biodiesel, R\$ 0,772 com a torta de soja e R\$ 0,009 com o glicerol).

Tabela 4. 9 Coeficientes técnicos diretos dos principais insumos da rota de produção verticalizada de biodiesel a partir da soja

Item	Coeficientes (rota ética)	Coeficientes (rota metélica)
Soja	0,894	0,903
Etanol	0,044	0,000
Metanol	0,000	0,009
Produtos químicos inorgânicos	0,025	0,014
Químicos diversos	0,007	0,007
Óleo combustível	0,037	0,038
Utilidades	0,019	0,019
Margem de comércio	0,068	0,069
Transporte de carga	0,017	0,017
Intermediação financeira	0,019	0,019
Outros insumos domésticos	0,033	0,033
Importações	0,010	0,023
Impostos indiretos	0,036	0,032
Fator trabalho	0,040	0,040
Fator capital	0,110	0,110
Impostos diretos	-0,359	-0,333
Total	1,000	1,000

Fonte: Dados da pesquisa

4.3.4 Produção de biodiesel a partir do óleo de soja

Para a caracterização dos coeficientes técnicos diretos dessa rota supõe-se uma unidade industrial padrão representativa que opera em larga escala, recebendo o óleo bruto de soja da indústria de óleos vegetais e produzindo somente biodiesel e glicerina. A diferença em relação à rota apresentada na subseção anterior é que não há extração do óleo e, desse modo, não há a torta de soja como co-produto. A Figura 4.3 apresenta um esquema simplificado dos fluxos nas

unidades industriais padrão das plantas de biodiesel produzindo biodiesel e glicerina a partir do óleo bruto de soja.

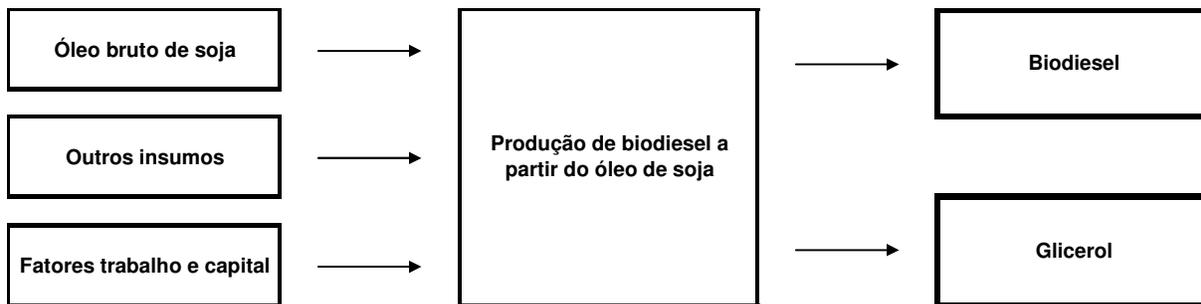


Figura 4. 5 Fluxos das plantas de biodiesel a partir do óleo de soja

Em termos do modelo de insumo-produto, o cálculo dos coeficientes técnicos diretos associados a essa rota tecnológica foi feito levando-se em consideração as despesas associadas a uma planta de biodiesel com capacidade anual de 125 mil toneladas, operando pela rota etílica ou metílica, como descrito por Olivério et al. (2008). Os parâmetros técnicos da planta padrão de referência, usados para os cálculos dos coeficientes técnicos, são os mesmos daqueles que foram apresentados na Tabela 4.5.

Os valores dos produtos produzidos na planta padrão de biodiesel são apresentados na Tabela 4.10. Como discutido no Capítulo 3, subseção 3.2.3, as participações de cada um dos produtos na receita total das unidades que produzem biodiesel são admitidas constantes, de acordo com a hipótese de tecnologia baseada no produto.

Tabela 4. 10 Valores dos produtos na planta padrão de biodiesel a partir de óleo de soja

Item	Quantidade (t)	Valor monetário (milhão de R\$ de 2004)	Participação (%)
Biodiesel	125.000	111,540 ⁽¹⁾	96,2
Glicerol	14.625 ⁽²⁾	4,388	3,8
Total		115,928	100,0

(1): Densidade do biodiesel igual a 0,88 kg/L (Olivério et al., 2008); preço básico do biodiesel admitido igual ao preço básico do óleo diesel mineral, valor de R\$ 0,785/L, de acordo com a produção de 2004 (EPE, 2010) e de acordo com o valor da produção do óleo diesel em 2004, a partir da tabela de recursos (IBGE, 2010);

(2): Admitiu-se a produção de 117 kg de glicerol para cada tonelada de biodiesel produzido (Olivério et al., 2008).

Na Tabela 4.11 são apresentados os valores monetários e os coeficientes técnicos diretos dos insumos e dos fatores de produção da planta padrão de biodiesel a partir da rota etílica, tendo-se em vista o nível de agregação dos produtos do modelo de insumo-produto desenvolvido para este trabalho.

Tabela 4. 11 Valores monetários e coeficientes técnicos diretos dos insumos e fatores de produção usados na planta padrão de biodiesel a partir de óleo de soja pela rota etílica

Item	Consumo de insumos (milhão de R\$ de 2004)	Coeficientes técnicos diretos
Óleo bruto de soja	225,811	1,948
Etanol	21,847	0,188
Produtos químicos inorgânicos	11,459	0,099
Químicos diversos	2,402	0,021
Óleo combustível	16,958	0,146
Utilidades	4,226	0,036
Margem de comércio	2,293	0,020
Transporte de carga	4,506	0,039
Impostos indiretos	8,604	0,074
Fator trabalho	3,034	0,026
Fator capital	5,398	0,047
Subtotal	306,538	2,644
Impostos diretos	-190,610	-1,644
Total	115,928	1,000

Fonte: Dados da pesquisa

Os coeficientes técnicos diretos dos insumos e fatores de produção usados são obtidos dividindo-se os valores monetários de seus respectivos consumos pelo valor total da receita da planta padrão (no caso, R\$ 115,928 milhões – Tabela 4.10). Na observação dos valores dos coeficientes técnicos obtidos, é interessante notar o fato que, em relação ao principal insumo – o

óleo de soja –, o valor 1,948 significa que é usado R\$ 1,948 de óleo de soja para produzir R\$ 0,962 de biodiesel e R\$ 0,038 de glicerol (R\$ 1,000 de produtos no total), algo que, classicamente, não faz sentido econômico, isto é, usar um insumo com valor econômico muito superior ao valor econômico dos produtos que se obtém com ele. Este assunto será retomado no Capítulo 5, quando serão avaliados os impactos socioeconômicos levando-se em consideração todos os efeitos diretos e indiretos de diferentes cenários da inserção das rotas de produção de biodiesel, em particular substituindo a importação de óleo diesel; resultados interessantes e não intuitivos são obtidos nessa análise.

Voltando aos valores dos coeficientes na Tabela 4.11, o valor negativo dos impostos diretos é relativo à necessidade de subsidiar a atividade; em particular, para essa rota produtora de biodiesel, há um subsídio de R\$ 1,644 para cada R\$ 1,000 faturado com a venda de biodiesel e glicerol. Ou seja, a receita total anual obtida pela planta produtora de biodiesel é inferior às despesas totais (que incluem as despesas com o fator capital) apresentadas na Tabela 4.11; a diferença, no valor de R\$ 190,610 milhões, é admitida como sendo um subsídio à atividade. A necessidade de subsídio seria eliminada se fosse adicionado ao preço básico do biodiesel (considerado igual ao do óleo diesel mineral, ou seja, R\$ 0,785/L) o valor de R\$ 190,610 milhões dividido pela produção de 142,045 milhões de litros, resultando em um preço final de R\$ 2,127/L, valor que é próximo aos preços médios pagos pelos leilões realizados pela ANP, como se nota na Tabela 2.4 (ver Capítulo 2).

4.3.5 Produção verticalizada de biodiesel a partir de sebo bovino

Na configuração tecnológica dessa rota de produção de biodiesel supõem-se plantas de produção de biodiesel integradas a frigoríficos destinados à produção de carne bovina; em outras palavras, tratam-se de frigoríficos que, além da produção de carne (atividade de abate de bovinos) produzem biodiesel e glicerina, usando como matéria-prima para a produção do biocombustível o sebo obtido da produção de carne. A planta padrão admitida como representativa da atividade possui capacidade de produção de 125.000 toneladas anuais de biodiesel. O diagrama simplificado dos fluxos da planta padrão dessa rota é mostrado na Figura 4.4.

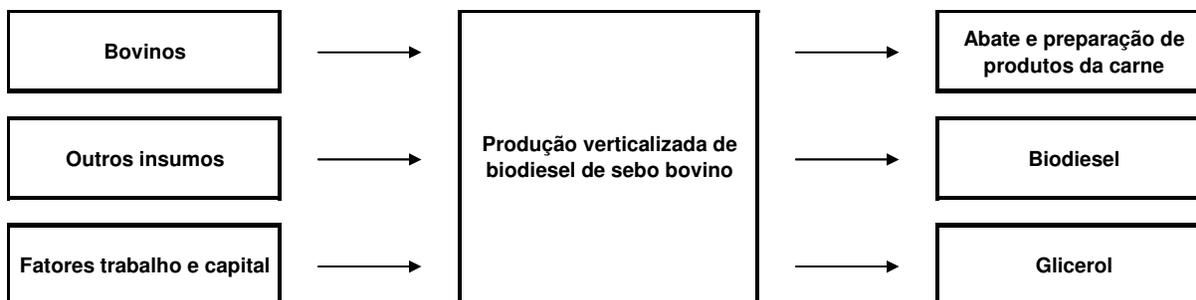


Figura 4. 6 Fluxos da planta padrão de produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino.

Para as estimativas dos coeficientes técnicos diretos desse setor para a análise de insumo-produto, admitiu-se que sua estrutura de despesas é composta pela soma dos dispêndios relativos ao setor de abate de bovinos (frigoríficos) e àqueles de uma planta produtora de biodiesel em larga escala operando anexa ao frigorífico; portanto, considera-se que a atividade de produção verticalizada de biodiesel a partir de sebo bovino consiste na integração da planta de biodiesel (usando o sebo bovino como matéria-prima principal) com a atividade de produção de abate de bovinos (produzindo os produtos do abate e preparação dos produtos da carne).

Os parâmetros referentes ao consumo de insumos da planta de biodiesel são baseados em Lopes (2006) e em Olivério et al. (2008), e são apresentados na Tabela 4.12. Os investimentos são considerados iguais àqueles apresentados para as rotas de produção a partir do óleo de soja (subseção 4.3.3), ou seja, os investimentos totais na planta de biodiesel são de R\$ 34,90 milhões (valores em 2004). Considerando-se uma vida útil de 25 anos e uma taxa de desconto de 15% a.a., as despesas anuais de amortização e juros são calculadas em R\$ 5,40 milhões (valores em 2004).

Tabela 4. 12 Consumo de insumos por tonelada de biodiesel a partir de sebo bovino em uma planta com capacidade de produção anual de 125.000 t

Item	Consumo (kg)/t de biodiesel	Consumo/t de biodiesel (valores monetários – R\$ 2004)
Sebo bovino	956,0	
Metanol	154,0	137,06*
Catalisador	33,4	91,67
Outros produtos químicos		19,21
Utilidades		33,81
Fator trabalho		24,27

Obs.: * Supôs-se 60% do metanol importado.

Fonte: Adaptado a partir dos dados de Lopes (2006) e Olivério et al. (2008).

Considerando-se a planta de biodiesel anexa a um frigorífico, a quantidade de sebo bovino disponível anualmente na planta produtora de biodiesel dependerá da quantidade de carne produzida, ou da quantidade de animais abatidos. De acordo com o Anuário da Indústria de Biodiesel (BIODIESELBR, 2010), levando-se em consideração que se extrai, em média, 480 kg de carne e 18 kg de sebo de um boi, a produção de carne bovina no Brasil em 2004 teria potencial para dispor uma quantidade de sebo para produzir 500 milhões de litros de biodiesel, que, ao preço de R\$ 0,785/L (preço de produtor do óleo diesel mineral), teria um valor de R\$ 392,621 milhões.

Em 2004, de acordo com a tabela de usos divulgada pelo IBGE (2010), o valor da produção dos animais bovinos abatidos para a produção de carne foi de R\$ 17,061 bilhões. Confrontando-se o valor da produção potencial de biodiesel a partir de sebo bovino (R\$ 392,621 milhões), pode-se admitir que a produção de R\$ 1,00 de biodiesel a partir de sebo requer o abate de R\$ 43,45 de bovinos. Então, considerando-se uma planta com capacidade de produzir 125.000 toneladas (142,045 milhões de litros) de biodiesel, cujo valor é de R\$ 111,540 milhões, seria necessário o abate de bovinos no valor total de R\$ 4.846,824 milhões. Essa quantidade de bovinos abatidos permite a produção de R\$ 9.956,976 milhões de produtos da carne, de acordo

com o perfil tecnológico estimado do setor de abate de bovinos a partir da tabela de usos do IBGE (2010) relativa ao ano de 2004.

Resumindo as explicações dos dois últimos parágrafos, a produção de 125.000 toneladas de biodiesel (no valor de R\$ 111,540 milhões) a partir de sebo bovino integrada a um frigorífico requer o abate de bovinos no valor de R\$ 4.847 milhões, que permitem, por sua vez, a produção de produtos da carne no valor de R\$ 9.957 milhões.

Usando-se os dados apresentados na Tabela 4.12 e os coeficientes técnicos diretos do setor de abate de bovinos, obtêm-se as estimativas das despesas anuais para a produção de 125.000 toneladas de biodiesel a partir de sebo e para a produção de R\$ 9.957 milhões em produtos da carne; os resultados são exibidos na Tabela 4.13.

Os valores dos produtos produzidos na planta de biodiesel (com capacidade de produção de 125.000 toneladas anuais do biocombustível) anexa a um frigorífico são apresentados na Tabela 4.14. No modelo usado para avaliar os impactos dessa rota de produção de biodiesel, as participações de cada um dos três produtos na receita total são admitidas constantes, de acordo com a hipótese de tecnologia baseada no produto, como apresentado no Capítulo 3, subseção 3.2.3.

Tabela 4. 13 Valores monetários (R\$ mi de 2004) anuais estimados dos principais insumos e fatores de produção usados em um frigorífico com uma planta anexa de biodiesel a partir de sebo bovino, com capacidade para produzir 125.000 toneladas anuais de biodiesel

Item	Abate de bovinos	Produção de biodiesel	Despesas totais
Bovinos	4.846,824	0,000	4.846,824
Metanol	0,000	4,825	4,825
Produtos químicos inorgânicos	0,000	6,280	6,280
Químicos diversos	5,569	2,402	7,971
Óleo combustível	13,097	16,965	30,062
Utilidades	168,821	4,226	173,047
Margem de comércio	426,401	0,519	426,920
Transporte de carga	322,191	0,147	322,338
Intermediação financeira	96,395	0,000	96,395
Outros insumos	1.094,593	6,297	1.100,891
Impostos indiretos	513,252	1,536	514,787
Fator trabalho	1.296,612	3,034	1.299,646
Fator capital	1.109,247	5,398	1.114,645
Impostos diretos	63,974	0,000	63,974
Total	9.956,976	51,629	10.008,605

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 4. 14 Valores dos produtos na planta padrão de biodiesel anexa a um frigorífico

Item	Quantidade (t)	Valor monetário (milhão de R\$ de 2004)	Participação (%)
Produtos da carne		9.956,976	98,85
Biodiesel	125.000	111,540 ⁽¹⁾	1,11
Glicerol	14.625 ⁽²⁾	4,388	0,04
Total		10.072,904	100,00

(1): Densidade do biodiesel igual a 0,88 kg/L (Olivério et al., 2008); preço básico do biodiesel admitido igual ao preço básico do óleo diesel mineral, ou seja, R\$ 0,785/L, de acordo com a produção de 2004 (EPE, 2011) e de acordo com o valor da produção do óleo diesel em 2004, a partir da tabela de recursos (IBGE, 2010);

(2): Admitiu-se a produção de 117 kg de glicerol para cada tonelada de biodiesel produzido (Olivério et al., 2008).

Contrariamente ao que se observou nas duas rotas de produção de biodiesel a partir da soja, os valores monetários exibidos na Tabela 4.14 mostram que a receita total anual obtida pela planta produtora de biodiesel a partir de sebo bovino anexa a um frigorífico é um pouco superior às despesas totais que constam na Tabela 4.13; a diferença, no valor de R\$ 64,299 milhões, é adicionada à remuneração do fator capital. Assim, mesmo considerando o biodiesel com preço de produtor igual ao óleo diesel mineral em 2004 (R\$ 0,785/L), não haveria necessidade de subsidiar sua produção. Naturalmente, a razão para isso é que a matéria-prima principal para produzir o biodiesel (o sebo bovino) é um co-produto da produção de carne que representa muito pouco – em termos de massa e em termos de valor econômico – em relação à produção de carne bovina. Como os valores obtidos nos leilões de biodiesel estão entre duas a três vezes o valor de R\$ 0,785/L (ver Tabela 2.4), isso explica, em grande parte, porque a produção de biodiesel a partir de sebo bovino no Brasil alcançou o volume de 328,4 milhões de litros em 2010 (ANP, 2011), sendo a segunda matéria-prima mais usada atualmente para a produção do biocombustível no Brasil.

O cálculo dos coeficientes técnicos diretos da rota de produção verticalizada de biodiesel a partir do sebo bovino é feito dividindo-se as despesas totais da planta padrão apresentada na Tabela 4.13 pela receita total anual da planta, no valor de R\$ 10.072,904 milhões. Ao valor de R\$ 1.114,645 milhões, correspondente ao fator capital na Tabela 4.13, é acrescido o valor de R\$ 64,299 milhões (obtendo-se R\$ 1.178,944 milhões), como explicado no parágrafo anterior, de tal

modo que o coeficiente técnico direto desse fator é estimado em 0,117 (R\$ 1.178,944 milhões dividido por R\$ 10.072,904 milhões). Os valores dos coeficientes dos principais insumos e dos fatores de produção trabalho e capital são apresentados na Tabela 4.15.

Tabela 4. 15 Coeficientes técnicos diretos dos principais insumos da rota de produção verticalizada de biodiesel a partir de sebo bovino pela rota metflica

Item	Coeficiente
Bovinos	0,481
Metanol	0,002
Produtos químicos inorgânicos	0,001
Químicos diversos	0,001
Óleo combustível	0,003
Utilidades	0,017
Margem de comércio	0,042
Transporte de carga	0,032
Intermediação financeira	0,010
Outros insumos	0,108
Impostos indiretos	0,051
Fator trabalho	0,129
Fator capital	0,117
Impostos diretos	0,006
Total	1,000

Fonte: Dados da pesquisa

4.3.6 Produção de biodiesel a partir de óleo de algodão

Nessa rota de produção de biodiesel admite-se que a planta padrão representativa do setor opera com grande capacidade, recebendo o óleo de caroço de algodão como matéria-prima principal e produzindo biodiesel e glicerina. O esmagamento do caroço de algodão é realizado pela atividade produtora de óleo de algodão e de torta de algodão; essa torta, assim como a torta

proveniente do esmagamento da soja, é destinada à produção de ração animal ou ao mercado exportador. Sendo assim, essa rota de produção de biodiesel é bastante similar à rota de produção a partir do óleo de soja, descrita na subseção 4.3.4. A Figura 4.7 ilustra os fluxos principais das unidades industriais padrão das plantas de biodiesel produzindo biodiesel e glicerina a partir do óleo bruto de algodão.

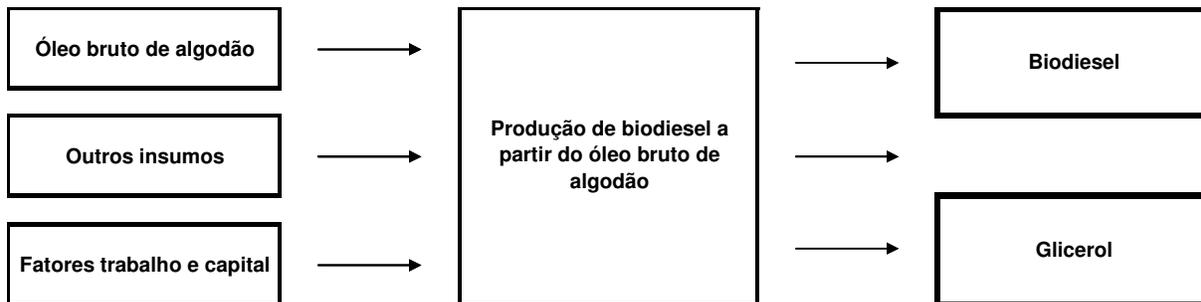


Figura 4. 7 Fluxos das plantas de biodiesel a partir do óleo bruto de algodão

Os dados e as hipóteses assumidas para as estimativas dos coeficientes técnicos para essa rota de produção são praticamente as mesmas daquelas que foram feitas para a rota a partir do óleo de soja (subseção 4.3.4), havendo diferença, somente, no uso do óleo bruto de algodão no lugar do óleo bruto de soja. Desse modo, são computadas as despesas associadas à planta padrão de biodiesel com capacidade anual de 125.000 toneladas, operando pela rota etílica, como descrito por Olivério et al. (2008), cujos parâmetros técnicos são apresentados na Tabela 4.16.

Tabela 4. 16 Consumo de insumos por tonelada de biodiesel produzido na planta a partir de óleo de bruto de algodão pela rota metálica com capacidade de produção de 125.000 t ao ano

Item	Consumo (kg)/t de biodiesel	Consumo/t de biodiesel (valores monetários – R\$ 2004)
Óleo de algodão	956,0	1.781,64
Etanol	154,0	174,83
Catalisador	33,4	91,67
Outros produtos químicos		19,21
Utilidades		33,81
Fator trabalho		24,27

Fonte: Adaptado a partir dos dados de Olivério et al. (2008).

Os valores dos produtos da planta padrão de biodiesel pela rota a partir do óleo bruto de algodão são apresentados na Tabela 4.17, e são exatamente os mesmos descritos para a rota a partir do óleo bruto de soja (subseção 4.3.4). Novamente, como discutido no Capítulo 3, subseção 3.2.3, as participações de cada um dos produtos na receita total das unidades que produzem biodiesel são admitidas constantes, de acordo com a hipótese de tecnologia baseada no produto.

Tabela 4. 17 Valores dos produtos na planta padrão de biodiesel a partir de óleo de algodão

Item	Quantidade (t)	Valor monetário (milhão de R\$ de 2004)	Participação (%)
Biodiesel	125.000	111,540 ⁽¹⁾	96,2
Glicerol	14.625 ⁽²⁾	4,388	3,8
Total		115,928	100,0

(1): Densidade do biodiesel igual a 0,88 kg/L (Olivério et al., 2008); preço básico do biodiesel admitido igual ao preço básico do óleo diesel mineral, ou seja, R\$ 0,785/L, de acordo com a produção de 2004 (EPE, 2010) e de acordo com o valor da produção do óleo diesel em 2004, a partir da tabela de recursos (IBGE, 2010);

(2): Admitiu-se a produção de 117 kg de glicerol para cada tonelada de biodiesel produzido (Olivério et al., 2008).

Na Tabela 4.18 são apresentados os valores monetários e os coeficientes técnicos diretos dos insumos e dos fatores de produção da planta padrão de biodiesel a partir do óleo de algodão, tendo-se em vista o nível de agregação dos produtos do modelo de insumo-produto desenvolvido para este trabalho.

A divisão dos valores monetários relativos ao consumo de cada insumo e dos fatores de produção usados pelo valor da receita anual total da planta (R\$ 115,928 milhões) resulta nas estimativas dos respectivos coeficientes técnicos. Em relação à principal matéria-prima usada nessa rota – o óleo de algodão em bruto –, nota-se que é usado R\$ 1,921 do óleo para se obter uma receita de R\$ 1,000 (R\$ 0,962 com biodiesel e R\$ 0,038 com glicerol), o que não faz sentido pela ótica econômica clássica, dados os preços do insumo e dos produtos biodiesel e glicerol admitidos (em especial o biodiesel, tomado ao preço de produtor do óleo diesel mineral). Entretanto, ao se computar todos os efeitos diretos e indiretos na cadeia produtiva dessa rota, especialmente quando se supõe a substituição da importação de óleo diesel mineral, a “inconsistência econômica” citada pode desaparecer; esses resultados e essas discussões são apresentados no Capítulo 5.

O valor negativo dos impostos diretos, na Tabela 4.18, diz respeito à necessidade de subsidiar a atividade; para essa rota produtora de biodiesel há necessidade de subsídio de R\$ 1,616 para cada R\$ 1,000 faturado (R\$ 0,962 com a venda de biodiesel e R\$ 0,038 com glicerol). Como a receita total anual obtida pela planta produtora de biodiesel é inferior às despesas totais (incluindo as despesas com o fator capital), a diferença, no valor de R\$ 187,353 milhões, é admitida como sendo um subsídio à atividade. Para não haver a necessidade desse subsídio, seria preciso somar ao preço de produtor admitido para o biodiesel (R\$ 0,785/L) o valor de R\$ 187,353 milhões dividido pela produção anual de 142,045 milhões de litros de biodiesel, resultando em um novo preço para o biocombustível de R\$ 2,104/L, que também é um valor próximo aos preços médios atingidos nos leilões realizados pela ANP de 2005 a 2010, como apresentado na Tabela 2.4.

Tabela 4. 18 Valores monetários e coeficientes técnicos diretos dos insumos e fatores de produção usados na planta padrão de biodiesel a partir de óleo bruto de algodão

Item	Consumo de insumos (milhão de R\$ de 2004)	Coeficientes técnicos diretos
Óleo bruto de algodão	222,705	1,921
Etanol	21,847	0,188
Produtos químicos inorgânicos	11,459	0,099
Químicos diversos	2,402	0,021
Óleo combustível	16,948	0,146
Utilidades	4,226	0,036
Margem de comércio	2,273	0,020
Transporte de carga	4,450	0,038
Impostos indiretos	8,538	0,074
Fator trabalho	3,034	0,026
Fator capital	5,398	0,047
Subtotal	303,281	2,616
Impostos diretos	- 187,353	-1,616
Total	115,928	1,000

Fonte: Dados da pesquisa

4.3.7 Produção de biodiesel a partir de óleo de girassol obtido por agricultores familiares

Nessa rota supõe-se que uma unidade industrial de grande porte (125.000 toneladas anuais de biodiesel) produza biodiesel e glicerina. A planta produtora de biodiesel recebe o óleo vegetal de uma cooperativa agrícola familiar. A cooperativa (cujos parâmetros técnicos são apresentados na subseção seguinte), por sua vez, produz girassol, esmagando suas sementes para obter o óleo vegetal (que é fornecido à planta produtora de biodiesel) e a torta, que também é destinada para a produção de ração animal ou para o mercado exportador. Supõe-se, ainda, que a cooperativa agrícola produza o girassol em consórcio com o feijão somente para fins de

subsistência dos agricultores. Os fluxos da planta padrão de biodiesel admitida para o estudo dessa rota são mostrados na Figura 4.8.

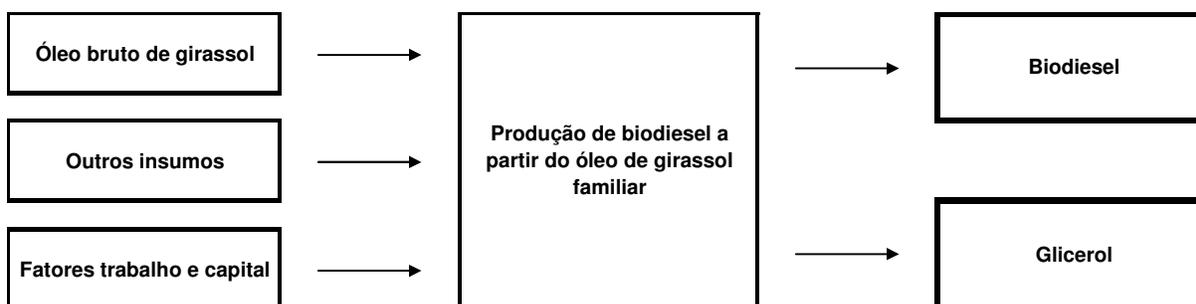


Figura 4. 8 Fluxos da planta padrão de biodiesel a partir do óleo de girassol familiar

Os parâmetros técnicos da planta padrão de referência, usados para os cálculos dos coeficientes técnicos, são apresentados na Tabela 4.19.

Tabela 4. 19 Consumo de insumos por tonelada de biodiesel produzido na planta a partir de óleo de girassol familiar pela rota etílica com capacidade de produção de 125.000 t ao ano

Item	Consumo (kg)/t de biodiesel	Consumo/t de biodiesel (valores monetários – R\$ 2004)
Óleo de algodão	956,0	1.718,56
Etanol	154,0	174,83
Catalisador	33,4	91,67
Outros produtos químicos		19,21
Utilidades		33,81
Fator trabalho		24,27

Fonte: Adaptado a partir dos dados de Olivério et al. (2008).

Na Tabela 4.20 apresentam-se os valores dos produtos produzidos na planta padrão de biodiesel, supondo-se, novamente, que as participações de cada um dos produtos na receita total das unidades que produzem biodiesel são constantes, de acordo com a hipótese de tecnologia baseada no produto, discutida no Capítulo 3, subseção 3.2.2.

Tabela 4. 20 Valores dos produtos obtidos na planta padrão de biodiesel a partir de óleo de girassol proveniente de agricultura familiar

Item	Quantidade (t)	Valor monetário (milhão de R\$ de 2004)	Participação (%)
Biodiesel	125.000	111,540 ⁽¹⁾	96,2
Glicerol	14.625 ⁽²⁾	4,388	3,8
Total		115,928	100,0

(1): Densidade do biodiesel igual a 0,88 kg/L (Olivério et al., 2008); preço básico do biodiesel admitido igual ao preço básico do óleo diesel mineral, ou seja, R\$ 0,785/L, de acordo com a produção de 2004 (EPE, 2010) e de acordo com o valor da produção do óleo diesel em 2004, a partir da tabela de recursos (IBGE, 2010);

(2): Admitiu-se a produção de 117 kg de glicerol para cada tonelada de biodiesel produzido (Olivério et al., 2008).

Os valores monetários e os coeficientes técnicos diretos dos insumos e dos fatores de produção da planta padrão de biodiesel a partir do óleo de girassol, tendo-se em vista o nível de agregação dos produtos do modelo de insumo-produto desenvolvido para este trabalho, são mostrados na Tabela 4.21.

Na Tabela 4.21, fazendo-se a divisão das despesas de cada insumo (e dos fatores de produção trabalho e capital) pelo valor total da receita da planta padrão (no caso, R\$ 115,928 milhões – Tabela 4.20), obtém-se os respectivos coeficientes técnicos diretos (última coluna à direita na Tabela 4.21). Do ponto de vista econômico, chama à atenção, novamente, o fato que, em relação ao uso do óleo vegetal (no caso, o óleo de girassol), o valor 1,853 significa que são usados R\$ 1,853 de óleo de girassol para produzir R\$ 0,962 de biodiesel e R\$ 0,038 de glicerol (R\$ 1,000 de produtos no total). Como exposto anteriormente, para os casos de produção de biodiesel a partir de óleo de soja e de óleo de caroço de algodão, a discussão sobre essa “irracionalidade econômica” será feita no Capítulo 5.

Tabela 4. 21 Valores monetários e coeficientes técnicos diretos dos insumos e fatores de produção usados na planta padrão de biodiesel a partir de óleo de girassol proveniente de agricultura familiar

Item	Consumo de insumos (milhão de R\$ de 2004)	Coeficientes técnicos diretos
Óleo bruto de girassol	214,820	1,853
Etanol	21,847	0,188
Produtos químicos inorgânicos	11,459	0,099
Químicos diversos	2,402	0,021
Óleo combustível	16,949	0,146
Utilidades	4,226	0,036
Margem de comércio	2,223	0,019
Transporte de carga	4,310	0,037
Impostos indiretos	8,371	0,072
Fator trabalho	3,034	0,026
Fator capital	5,398	0,047
Subtotal	295,040	2,545
Impostos diretos	- 179,112	-1,545
Total	115,928	1,000

Fonte: Dados da pesquisa

Em relação à necessidade de subsídios nessa rota de produção de biodiesel, o valor negativo dos impostos diretos apresentado na Tabela 4.21, ou seja, R\$ 1,545, é interpretado como o valor do subsídio para cada R\$ 1,000 faturado (R\$ 0,962 com a venda de biodiesel e R\$ 0,038 com a venda de glicerol). Como ocorrido nas rotas de produção de biodiesel a partir de óleo de soja e óleo de caroço de algodão, a receita total anual obtida pela planta produtora de biodiesel é inferior às despesas totais (que incluem as despesas com o fator capital); a diferença, no valor de R\$ 179,112 milhões, é admitida como sendo um subsídio à atividade. Para que não houvesse a necessidade de subsídios, deveria ser adicionado ao preço básico do biodiesel (considerado igual ao do óleo diesel mineral, R\$ 0,785/L) o valor de R\$ 179,112 milhões dividido pela produção de

142,045 milhões de litros, resultando em um preço básico final de R\$ 2,046/L, valor próximo aos preços médios atingidos nos leilões realizados pela ANP, como apresentado na Tabela 2.4.

4.3.8 Produção familiar de óleo de girassol para a produção de biodiesel

A produção de óleo de girassol com origem na agricultura familiar para suprir a produção de biodiesel a partir desse óleo – rota apresentada na subseção 4.3.7 – é suposta ser organizada em cooperativas de agricultores que produzem a semente de girassol consorciada com a produção de feijão, milho ou mandioca, para auto consumo; nesse modelo, os agricultores enviam as sementes para a unidade esmagadora de óleo (de propriedade dos agricultores cooperados), obtendo como co-produto a torta do girassol, que é destinada para a produção de ração animal ou para o mercado exportador.

O arranjo dessa estrutura, bem como os dados e parâmetros técnicos para a estimativa dos coeficientes técnicos diretos usados no modelo de insumo-produto, são fundamentados na experiência real de um projeto com ciclo produtivo realizado em 2008, em uma cooperativa de agricultores familiares da região denominada como Território do Mato Grande, composta por 15 municípios (dos quais 12 fazendo parte do semi-árido nordestino) localizados no estado do Rio Grande do Norte, e que foi descrita e analisada no trabalho desenvolvido por Evangelista Júnior (2009). De acordo com a experiência relatada pelo autor, as receitas líquidas obtidas pelos agricultores nas cooperativas são maiores quando esses realizam o esmagamento dos grãos, agregando mais valor do que simplesmente vendendo-os; essa é a razão pela qual se considera este modelo produtivo na presente análise.

Desse modo, essa atividade de produção familiar de óleo de girassol destinado à produção de biodiesel possui como produtos o óleo de girassol e sua torta. A Figura 4.9 apresenta o esquema simplificado com os fluxos dessas unidades produtoras.

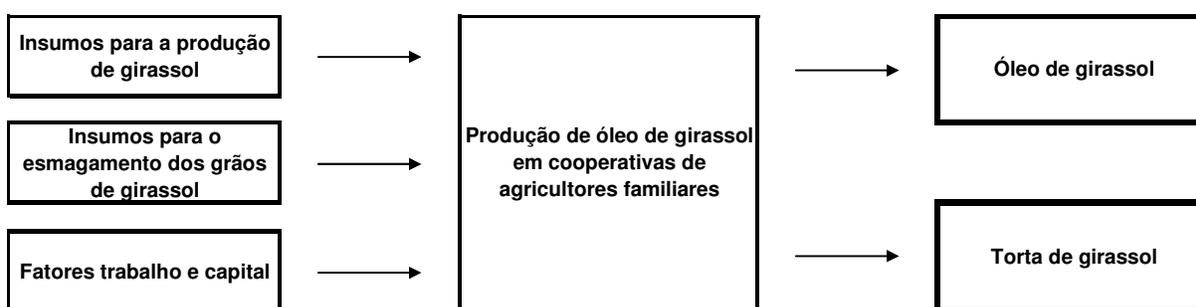


Figura 4. 9 Fluxos das cooperativas de agricultores familiares que produzem óleo de girassol

Em termos dos coeficientes técnicos diretos para análise de insumo-produto, admitiu-se que a estrutura das despesas dessa atividade seria aquela dada pela soma das despesas da fase agrícola (isto é, as despesas para a produção dos grãos de girassol) e das despesas realizadas no esmagamento dos grãos para a produção do óleo vegetal e da torta. Os dados usados são fundamentados na análise econômica descrita por Evangelista Júnior (2009), considerando-se os valores relativos a uma produtividade agrícola de 1.000 kg de grãos de girassol por hectare cultivado, e a um sistema de extração de óleo a frio de pequena escala com capacidade de esmagar 300 kg de grãos por hora. Os parâmetros técnicos relativos às despesas da fase agrícola e da fase de produção do óleo de girassol e sua torta são apresentados na Tabela 4.22.

Tabela 4. 22 Parâmetros técnicos das despesas da produção de girassol e do esmagamento dos grãos nas cooperativas

Item	R\$ (2008)/ha/ano cultivado de girassol	R\$ (2008)/(kg de grão de girassol esmagado)
Óleo diesel	47,40	0,007
Adubos	272,00	
Sementes	20,00	
Fator capital – máquinas	96,48	
Sacaria		0,029
Energia elétrica		0,010
Aluguel para armazenagem dos grãos		0,026
Manutenção extratora e caminhão		0,009
Fator capital – extratora e caminhão		0,043
Total	435,88	0,124

Fonte: Adaptado a partir dos dados de Evangelista Júnior (2009)

Para os cálculos dos coeficientes técnicos diretos, tomou-se como referência a capacidade de esmagamento de um sistema de extração de óleo, de 300 kg de grãos por hora; assumindo-se que o sistema opera 16 horas diárias (2 turnos diários de 8 horas cada) durante 250 dias do ano (5 dias por semana em 50 semanas do ano), a planta esmagaria 1.200.000 kg anuais de grãos. Como

a produtividade de referência dos agricultores familiares é de 1.000 kg/ha, a área total cultivada com girassol para a produção de 1.200.000 kg é de 1.200 hectares. Então, a partir dos coeficientes exibidos na Tabela 4.22 e descontando-se a inflação acumulada pelo IPCA de 20,59% (IPEA, 2011) entre 2005 e 2008, as despesas totais relativas à fase agrícola e à fase de produção do óleo e da torta durante um ano são apresentadas, em valores de 2004, na Tabela 4.23.

Tabela 4. 23 Valores monetários (R\$ de 2004) das despesas anuais totais da fase agrícola e do esmagamento de 1.200.000 kg de grãos de girassol

Item	Despesas anuais totais (R\$ de 2004)
Óleo diesel	54.134
Aubos	270.672
Sementes	19.902
Sacaria	28.858
Energia elétrica	9.951
Aluguel para armazenagem dos grãos	25.873
Manutenção	8.956
Fator capital	138.799
Total	557.145

Fonte: Dados da pesquisa baseado em Evangelista Júnior (2009)

Os valores da produção de óleo de girassol e torta por uma cooperativa típica foram estimados levando-se em consideração o esmagamento de 1.200.000 kg de grãos de girassol na planta extratora. Em relação aos preços, supôs-se o preço do óleo de girassol igual a R\$ 1.798 por tonelada (de acordo com os dados da PIA 2004) e o preço da torta de girassol igual ao da soja (R\$ 747 por tonelada); em relação ao teor de óleo e torta extraídos da semente de girassol, dadas as características do sistema de extração, adotou-se 26,0% o teor em massa de óleo extraído, e 60,7% o teor da torta, em função das perdas e da borra, segundo relato feito por Evangelista Júnior (2009). Logo, as receitas obtidas pela cooperativa típica produzindo e esmagando 1.200.000 kg de grãos de girassol somam R\$ 1.105.091, como apresentado na Tabela 4.24.

No modelo de insumo-produto usado neste estudo, foi suposto, também, que a participação no valor da produção de óleo e torta de girassol nas cooperativas é constante, de acordo com a hipótese de tecnologia baseada no produto, conforme descrito no Capítulo 3, subseção 3.2.3.

Tabela 4. 24 Valores da produção de óleo e da torta de girassol em uma cooperativa de agricultores familiar típica

Item	Valor monetário (R\$ de 2004)	Participação (%)
Óleo de girassol	560.976	50,8
Torta de girassol	544.115	49,2
Total	1.105.091	100,0

Fonte: Dados da pesquisa a partir dos parâmetros de teor de óleo e torta de girassol apresentados por Evangelista Júnior (2009)

Segundo os valores monetários apresentados na Tabela 4.24, a receita total anual obtida por uma cooperativa típica pela venda de óleo de girassol (para a produção de biodiesel) e torta é superior às despesas, apresentadas na Tabela 4.23. Entretanto, no estudo realizado por Evangelista Júnior (2009), não foi considerada a remuneração dos agricultores, sendo essa admitida como a diferença entre as receitas totais (R\$ 1.105.091) e as despesas (R\$ 557.145); portanto, a remuneração do fator trabalho corresponde a R\$ 547.946 ao ano. Dividindo-se as despesas apresentadas na Tabela 4.23 e a remuneração do fator trabalho pela receita total, obtêm-se os coeficientes técnicos diretos da atividade de produção de óleo de girassol através da agricultura familiar; na Tabela 4.25 são apresentados valores ao nível de agregação dos produtos e os fatores de produção empregados no modelo de insumo-produto.

Ainda de acordo com Evangelista Júnior (2009), o número médio de pessoas por família que trabalham no estabelecimento agrícola é de duas, sendo a área média cultivada com girassol, por propriedade, de 5 hectares; portanto, estima-se 480 agricultores para cultivar 1.200 hectares (produzindo 1.200.000 kg de grãos de girassol). Para a extração de óleo e torta dos grãos supõe-se necessário três trabalhadores por turno (um total de seis para os dois turnos) e mais um motorista para o transporte dos grãos de girassol até o local onde se faz seu esmagamento,

totalizando sete trabalhadores na produção de óleo e torta. Somou-se, ainda, mais três trabalhadores para as atividades de compra e administração da cooperativa, resultando em um total de 490 trabalhadores. Assim, a remuneração média mensal por trabalhador na cooperativa típica de agricultores familiares é de R\$ 93, calculada em relação ao ano de 2004. Este valor pode ser admitido, a princípio, como muito baixo, mas deve-se tomar como referência o impacto que o acréscimo de renda representa para agricultores mais carentes das regiões menos desenvolvidas do país, como é o caso de muitos municípios do semi-árido do nordeste brasileiro. De acordo com Evangelista Júnior (2009), a renda *per capita* média nos municípios da região de Mato Grande (região no estado do Rio Grande do Norte em que o projeto com girassol foi feito, em 2008), corrigida para 2004, é de R\$ 108; considerando-se que uma família média de agricultores tem cinco pessoas, e se, em média, dois deles têm um acréscimo mensal na renda de R\$ 93, isso resultaria em um acréscimo na renda *per capita* dos membros da família de agricultores de R\$ 37, ou seja, um aumento relativo de 34%, que, considerada a realidade da região, pode ser significativa.

Tabela 4. 25 Coeficientes técnicos diretos dos principais insumos da produção de óleo (e torta) de girassol através da agricultura familiar

Item	Coeficientes
Óleo diesel	0,029
Outros produtos e serviços da lavoura	0,012
Outros produtos têxteis	0,021
Produtos químicos inorgânicos	0,177
Utilidades	0,007
Margem de comércio	0,024
Transporte de carga	0,006
Serviços imobiliários e aluguel	0,020
Serviços de manutenção e reparo	0,008
Outros insumos	0,053
Impostos indiretos	0,021
Fator trabalho	0,496
Fator capital	0,126
Impostos diretos	0,000
Total	1,000

Fonte: Dados da pesquisa

4.4 Coeficientes de energia primária

A avaliação dos impactos socioeconômicos e ambientais dos cenários em que as rotas de produção de biodiesel são consideradas neste estudo é calculada, essencialmente, a partir dos impactos sobre o valor da produção de cada uma das 73 atividades econômicas e sobre o valor da produção de cada um dos 121 produtos em que a economia foi agregada. A partir desses impactos sobre o nível das atividades quantifica-se qual o consumo de energia primária requerido em todo o sistema econômico para dar conta da produção total doméstica para aquele cenário; a estimativa é feita multiplicando-se o impacto no valor da produção de cada setor pelo coeficiente direto de

uso de energia primária de cada setor da economia. A unidade desses coeficientes é expressa em valores monetários por unidade de energia, por exemplo, em milhão de reais por tonelada equivalente de petróleo¹² (R\$ milhão/tep).

O Balanço Energético Nacional – BEN (EPE, 2011) – apresenta informações do uso de energia primária agregada em 17 setores da economia, com um nível de agregação setorial diferente daquele que consta nas tabelas de recursos e usos, que é o nível de referência para a construção dos modelos de insumo-produto. Para o cálculo das estimativas dos coeficientes de energia primária setorial, foram usadas as informações da matriz consolidada referente ao ano de 2004, que contém os fluxos de energia primária e secundária entre os setores da economia, cujo nível de agregação setorial é mostrado na Tabela 4.26.

Em relação aos setores apresentados na Tabela 4.26, as seguintes observações devem ser feitas: (i) o setor energético corresponde ao agregado de setores que realizam a extração de energia primária (como extração de petróleo, gás natural e carvão mineral, por exemplo) e os centros de transformação que convertem energia primária ou secundária em energia secundária (como o setor produtor de energia elétrica, as refinarias de petróleo e as destilarias, por exemplo); (ii) o setor residencial, sob a ótica da análise de insumo-produto, é visto como o agente da demanda final formado pelo consumo das famílias; (iii) o setor de transportes, no Balanço Energético, é apresentado desagregado em transporte rodoviário, transporte ferroviário, transporte aéreo e transporte hidroviário.

¹² De acordo com o Balanço Energético Nacional (EPE, 2011), uma tonelada equivalente de petróleo (tep) corresponde a 10^{10} cal ou $41,87 \cdot 10^9$ J.

Tabela 4. 26 Nível de agregação setorial do Balanço Energético Nacional consolidado

Setor energético
Setor comercial
Setor público
Setor residencial
Setor agropecuário
Setor de transportes
Setor industrial – cimento
Setor industrial – ferro gusa e aço
Setor industrial – ferro ligas
Setor industrial – mineração e pelletização
Setor industrial – química
Setor industrial – não ferrosos e outros da metalurgia
Setor industrial – têxtil
Setor industrial – alimentos e bebidas
Setor industrial – papel e celulose
Setor industrial – cerâmica
Setor industrial – outras indústrias

Fonte: Balanço Energético Nacional, ano base 2010 (EPE, 2011)

Particularmente, o setor de transportes apresentado no Balanço Energético não corresponde, integralmente, ao setor de transportes das tabelas de recursos e usos do IBGE; por exemplo, a maior parte do consumo de gasolina C é feita pelas famílias, e não pela frota de veículos leves que compõem os táxis ou os veículos leves das empresas; sendo assim, parte do consumo energético atribuído ao setor de transportes no Balanço Energético é destinada ao consumo das famílias no modelo de insumo-produto, sendo a alocação feita pelos valores monetários relativos aos consumos dos produtos energéticos na matriz de insumo-produto.

Em termos de energia primária, as quantidades usadas para as estimativas dos coeficientes setoriais dizem respeito à produção e à importação de energia, que é, de fato, a energia primária

que entra na economia, mesmo que uma parte dela seja destinada à exportação, seja estocada ou não aproveitada. O Balanço Energético Nacional Consolidado dispõe as informações sobre produção, importação, variação de estoques, exportação, as parcelas não aproveitadas e reinjeção de nove fontes distintas, cujas informações de produção e importação são apresentadas na Tabela 4.27.

Usando-se as informações da matriz consolidada (inclusive em termos das quantidades de energia secundária importada não renovável), tanto em termos dos fluxos de energia primária como secundária, como também o consumo de energia primária e secundária em valores monetários na matriz de insumo-produto estimada, procede-se a alocação do uso das parcelas produzida domesticamente e importada nos setores produtivos e, a partir de seus respectivos valores da produção, calculam-se os coeficientes técnicos diretos de energia primária .

Tabela 4. 27 Produção e importação de energia primária no Brasil em 2004

Energia primária	Categoria	Produção + importação (ktep)	Participação (%)
Petróleo	Não-renovável	99.899	43,1
Gás natural	Não-renovável	23.968	10,4
Carvão vapor	Não-renovável	2.016	0,9
Carvão metalúrgico	Não-renovável	10.557	4,6
Urânio U ₃ O ₈	Não-renovável	4.076	1,8
Energia hidráulica	Renovável	27.589	11,9
Lenha	Renovável	28.187	12,2
Produtos da cana	Renovável	29.385	12,7
Outras fontes primárias	Parte renovável e parte não renovável	5.860	2,5
Total		231.537	100,0

Fonte: Balanço Energético Nacional, ano base 2010 (EPE, 2011)

Por exemplo, dos 29.385 ktep da energia primária dos produtos da cana¹³, através dos fluxos da matriz consolidada de 2004, observa-se que o setor produtor de etanol usou 15.167 ktep (7.706 ktep para produzir etanol e 7.461 ktep usados para gerar o vapor de processo); como o valor da produção do setor de etanol em 2004 foi de R\$ 10.822 milhões, seu coeficiente técnico direto relativo à energia primária dos produtos da cana é obtido pela divisão de R\$ 10.822 milhões por 15.167 ktep, resultando em 0,714 ktep/R\$ milhão.

No Anexo D, os coeficientes para os 73 setores da economia são apresentados na Tabela D.1, estando separados em energia primária renovável e não-renovável. Admitiu-se que os cinco setores produtores de biodiesel e o setor produtor de óleo de girassol a partir da agricultura familiar não fazem uso direto de energia primária não-renovável.

4.5 Coeficientes de emissões de gases de efeito estufa

Nos cenários de produção de biodiesel simulados com o uso do modelo de insumo-produto, as estimativas das emissões dos principais gases causadores do efeito estufa (CO₂, CH₄ e N₂O) foram feitas a partir dos impactos na produção dos produtos, sendo necessário, então, quantificar previamente os coeficientes de emissões desses gases para cada um dos 121 produtos do modelo. Desse modo, as emissões totais de GEE são estimadas pelo produto dos impactos na produção de cada produto pelos respectivos coeficientes de emissões, que são expressos em Mg¹⁴ do gás por milhão de reais produzido (Mg/R\$ milhão).

As informações sobre as emissões desses gases de efeito estufa foram obtidas a partir da Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Brasil, MCT, 2010), divulgada em 2010. Essa segunda comunicação traz as estimativas das emissões de GEE do Brasil referentes aos anos de 1990, 1994, 2000 e 2005. A Tabela 4.29 mostra as emissões totais dos gases para esses quatro anos.

¹³ Em termos da energia primária, os produtos da cana correspondem ao caldo da cana (usado para produção de etanol), ao melaço (usado para produção de etanol) e ao bagaço (usado para gerar vapor e para produzir eletricidade) (EPE, 2010).

¹⁴ 1 Mg (mega grama) corresponde a 1 tonelada.

Tabela 4. 28 Emissões totais dos gases de efeito estufa no Brasil (Gg)

Gás de efeito estufa	1990	1994	2000	2005
CO ₂	991.731	1.085.925	1.611.615	1.637.905
CH ₄	13.195	14.233	15.852	18.107
N ₂ O	376	421	455	546
HFC-23	0,120	0,157	-	-
HFC-125	-	-	0,007	0,125
HFC-134a	0,000	0,068	0,471	2,282
HFC-143a	-	-	0,007	0,093
HFC-152a	-	-	0,0001	0,175
CF ₄	0,302	0,323	0,147	0,124
C ₂ F ₆	0,026	0,028	0,012	0,010
SF ₆	0,010	0,014	0,015	0,025
NO _x	2.504	2.707	3.280	3.399
CO	35.296	37.273	40.563	41.339
NMVOC	1.693	1.791	1.807	2.152

Fonte: Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Brasil, MCT, 2010)

Na Tabela 4.30 são apresentadas as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O em 1990, 1994, 2000 e 2005, em CO₂ equivalente (CO₂eq), onde os fatores de conversão empregados na Segunda Comunicação Nacional do Brasil (BRASIL, MCT, 2010) foram de 21 vezes do CH₄ em relação ao CO₂, e 310 vezes do N₂O em relação ao CO₂.

Tabela 4. 29 Emissões totais de CO₂, CH₄ e N₂O em CO₂eq (Gg)

Gás de efeito estufa	1990	1994	2000	2005
CO ₂	991.731	1.085.925	1.611.615	1.637.905
CH ₄	277.095	298.893	332.892	380.247
N ₂ O	116.560	130.510	141.050	169.260
Total	1.385.386	1.515.328	2.085.557	2.187.412

Fonte: Calculado a partir dos dados da Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Brasil, MCT, 2010)

As informações sobre as emissões de GEE, na Segunda Comunicação Nacional do Brasil (Brasil, MCT, 2010), estão contabilizadas em seis grupos setoriais: Energia, Processos Industriais, Uso de Solventes e Outros Produtos, Agropecuária, Mudança do Uso da Terra e Florestas, Tratamento de Resíduos. Desses seis grupos, não foram usadas neste trabalho as emissões do setor Uso de Solventes e Outros Produtos, pois nele só constam as emissões dos gases NMVOC, como também não foram usadas as emissões do setor Mudança do Uso da Terra e Florestas, uma vez que não foram avaliadas, neste estudo, os efeitos devido as mudanças do uso da terra nos cenários avaliados da produção de biodiesel.

Como na Segunda Comunicação Nacional do Brasil (Brasil, MCT, 2010) não há as informações sobre as emissões de gases de efeito estufa detalhada para os seis grupos setoriais citados para o ano de 2004, foram usadas as informações das emissões de 2005 e, embora essas emissões estejam separadas por grupos de setores, seu detalhamento está associado, na maior parte de vezes, às emissões dos produtos, e não propriamente dos setores. Por exemplo, as emissões relativas ao setor Energia estão associadas, essencialmente, às emissões devido ao consumo (e queima) dos combustíveis fósseis, como gasolina, óleo diesel, óleo combustível, e assim por diante. Essa é a razão pela qual optou-se em estimar as emissões de GEE a partir da produção (e consumo) de produtos, e não na produção setorial, como feito para se avaliar a energia primária incorporada (seção 4.4).

Para facilitar o procedimento adotado para se estimar os coeficientes de emissões dos produtos (em unidades de emissões por valor monetário (R\$) de 2004), será usada a seguinte

terminologia: seja C_{Fis}^{2005} o coeficiente de emissões de um dado produto em unidades físicas para o ano de 2005, e seja C_{Mon}^{2005} o coeficiente de emissões do mesmo produto para o ano de 2005, mas em unidades monetárias. Com isso, são definidos:

$$C_{Fis}^{2005} = \frac{Em^{2005}}{Q^{2005}} \quad (1)$$

onde Em^{2005} identifica as emissões (em Gg) do produto em 2005, e Q^{2005} identifica a quantidade consumida do produto em 2005

$$C_{Mon}^{2005} = \frac{Em^{2005}}{p^{2005} \cdot Q^{2005}} \quad (2)$$

onde p^{2005} identifica o preço do produto em 2005

Das equações (1) e (2), é imediato que:

$$C_{Mon}^{2005} = \frac{C_{Fis}^{2005}}{p^{2005}} \quad (3)$$

A partir da organização das informações das emissões, no ano de 2005, de CO₂, CH₄ e N₂O associadas aos produtos usados no modelo de insumo-produto, foram estimados os coeficientes de emissões por unidade monetária desses gases em relação ao valor da produção dos produtos de 2005 (usando-se, para isso, os dados da Tabela de Recursos referente ao ano de 2005 do IBGE). O passo seguinte foi obter, a partir desses coeficientes (dado pela equação (2)), os coeficientes para o ano de 2004. Para isso, admitiu-se que os coeficientes de emissões de cada produto, por unidade física, não mudaram de 2004 para 2005. Então, a partir da equação (3), e usando-se a hipótese que os coeficientes de emissões de cada produto por unidade física não mudaram de 2004 para 2005, tem-se:

$$\frac{C_{Mon}^{2004}}{C_{Mon}^{2005}} = \frac{C_{Fis}^{2004}}{p^{2004}} \cdot \frac{p^{2005}}{C_{Fis}^{2005}} \Rightarrow C_{Mon}^{2004} = C_{Mon}^{2005} \cdot \frac{p^{2005}}{p^{2004}} \quad (4)$$

Então, na equação (4), partindo-se da hipótese que os coeficientes de emissões por quantidade produzida não se alteraram de 2004 para 2005 ($C_{Fis}^{2004} = C_{Fis}^{2005}$), os coeficientes de

emissões de GEE por valor da produção de 2004 para cada produto (C_{Mon}^{2004}) é obtido, simplesmente, pelos mesmos coeficientes em relação a 2005 (C_{Mon}^{2005}) multiplicados pela razão de preços de 2005 em relação a 2004 ($\frac{p^{2005}}{p^{2004}}$) para cada produto. Essa relação de preços foi obtida a partir das Tabelas de Usos referentes ao ano de 2005 a preços do ano corrente e a preços do ano anterior. No anexo D, os coeficientes de emissões por valor monetário de 2004 para os 121 produtos da economia são apresentados na Tabela D.2, estando separados nos gases CO₂, CH₄, N₂O e no valor total em CO₂eq.

Capítulo 5

Impactos e indicadores das rotas avaliadas

No presente capítulo são apresentados e discutidos os resultados das estimativas dos impactos socioeconômicos e ambientais da introdução, na economia brasileira, dos cenários das cinco rotas de produção de biodiesel consideradas neste trabalho. São estimados, também, os indicadores socioeconômicos e ambientais das cinco rotas de biodiesel, bem como da produção de etanol, gasolina e óleo diesel mineral.

Em termos das variáveis socioeconômicas, são quantificados os impactos sobre (i) o valor da produção setorial, (ii) o valor das importações setoriais, (iii) a geração de impostos, (iv) o PIB setorial, (v) os empregos gerados, (vi) a remuneração média por trabalhador e o (vii) benefício econômico líquido. Em termos das variáveis ambientais, são quantificados a razão de energia renovável produzida, como biodiesel, por energia não-renovável usada em toda a cadeia produtiva (aqui chamada de balanço energético) e o balanço das emissões de gases de efeito estufa (GEE) – em particular, as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O advindas do setor energético, dos processos industriais, da agropecuária e do tratamento de resíduos.

Para cada uma das rotas de produção de biodiesel, quando pertinente, são avaliados os impactos em quatro categorias de cenários: (i) cenário B1, no qual o volume de biodiesel necessário substitui o volume de óleo diesel mineral importado correspondente, (ii) cenário de substituição total das importações de óleo diesel, (iii) cenário potencial máximo de produção de biodiesel e (iv) cenário da participação referente ao ano de 2010. Para cada uma das cinco rotas de produção são estimados, também, os indicadores do balanço energético e das emissões de GEE.

Nos cenários B1 os impactos são avaliados em duas situações: uma supondo-se a produção de biodiesel a partir da rota etílica – com o etanol sendo fornecido pelo setor doméstico –, e a outra supondo-se 90% da produção de biodiesel a partir da rota metílica – com o metanol necessário sendo fornecido 40% pelo mercado doméstico e 60% importado, de acordo com o perfil médio observado entre 2001 e 2009 (ver Capítulo 4, seção 4.1).

Tabela 5. 1 Quadro para identificação das rotas, dos cenários e dos indicadores quantificados nas seções e subseções do Capítulo 5

Item/Rota	Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja	Produção de biodiesel a partir do óleo de soja	Produção verticalizada de biodiesel a partir do sebo bovino	Produção de biodiesel a partir do óleo de algodão	Produção de biodiesel a partir do óleo de girassol familiar	Produção de etanol
Cenário B1	Subseção 5.1.1	Subseção 5.2.1	Subseção 5.3.1	Subseção 5.4.1	Subseção 5.5.1	
Cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel	Subseção 5.1.2	Subseção 5.2.2			Subseção 5.5.2	
Cenário de aproveitamento total das exportações de soja	Subseção 5.1.3					
Cenário de aproveitamento total das exportações de óleo de soja		Subseção 5.2.3				
Cenário de aproveitamento total do sebo bovino disponível			Subseção 5.3.2			
Cenário de participação da rota em 2010	Subseção 5.1.4	Subseção 5.2.4	Subseção 5.3.3	Subseção 5.4.2		
Indicadores socioeconômicos e ambientais	Subseção 5.1.5	Subseção 5.2.5	Subseção 5.3.4	Subseção 5.4.3	Subseção 5.5.3	Seção 5.6

A Tabela 5.1 apresenta um quadro para facilitar a identificação das rotas, dos cenários e dos indicadores quantificados nas seções e subseções ao longo deste capítulo. Na seção 5.7, no final capítulo, apresenta-se um sumário e uma comparação das rotas e cenários de produção de biodiesel avaliados. Neste capítulo, todas as tabelas de resultados que apresentam uma coluna denominada como “Relativo a 2004” têm, nos valores destas colunas, os respectivos resultados relativos de toda a economia brasileira em 2004.

5.1 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja

5.1.1 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja – cenário B1

Nesta rota tecnológica de produção de biodiesel a soja é processada diretamente pelo setor produtor de biodiesel. Duas alternativas podem ser consideradas para suprir essa demanda de soja: a primeira levaria em consideração aumentar a produção de soja para esse fim – trazendo, porventura, uma necessidade da expansão da fronteira agrícola – e, a segunda, reduzir as exportações de soja para produção de biodiesel; nesse caso, haveria um *trade-off* entre a redução das exportações de soja e os benefícios da produção de produtos com maior valor agregado a partir da soja, como o biodiesel, a torta obtida do processo de esmagamento da soja e a produção de glicerol, além, ainda, da redução das importações de óleo diesel mineral.

Os resultados apresentados dos impactos socioeconômicos de um cenário B1 dessa rota dizem respeito à segunda alternativa, ou seja, o choque realizado impõe um cenário B1 reduzindo-se as exportações de soja – de tal modo que sua produção não se altere – e aumentando-se as exportações da torta da soja de modo compatível com a produção de biodiesel requerida; essa escolha foi feita em função da produção de biodiesel de soja no país não ter requerido, até 2009, uma expansão da área cultivada para esse fim (ver seção 2.4, Capítulo 2). Para atender o cenário B1, as exportações de soja teriam de ser reduzidas em 10,6%; nota-se também que, nesse cenário B1, a produção de glicerol a partir do biodiesel seria suficiente para atender toda a demanda doméstica em 2004; logo, a demanda final por glicerol foi feita exógena para dar conta de um possível excesso, que poderia ser destinado para exportação. Os resultados são apresentados na Tabela 5.2, comparando-se os impactos com 90% da produção pela rota metílica e 100% da produção pela rota etílica. Nesta tabela, os resultados apresentados na coluna “Relativo a 2004” referem-se aos respectivos valores de toda a economia brasileira em 2004.

Note-se que a produção de biodiesel é em torno de 93 milhões de litros inferior à redução das importações de óleo diesel, devido ao ganho de eficiência ao se adicionar biodiesel ao óleo diesel mineral (ver Capítulo 4, subseção 4.3.1); se o rendimento da mistura B1 fosse considerado igual ao do óleo diesel mineral, a produção de biodiesel seria superior à redução das importações de óleo diesel em torno de 19 milhões de litros, dado que a produção de soja requer óleo diesel, um efeito também apontado por Mourad (2008).

Em geral, não há diferenças significativas nos impactos comparando-se a rota metflica com a etflica. A redução nas importações de óleo diesel mineral seria de 19,0%, e os aumentos da produção de torta, bagaço e farelo de soja e glicerol trariam um aumento no valor da produção setorial de R\$ 2,3 bilhões. O aumento do PIB setorial seria em torno de R\$ 270 milhões (um benefício econômico médio de R\$ 0,65/L de biodiesel), ainda que houvesse necessidade de subsídio à produção de biodiesel ao redor de R\$ 510 milhões (R\$ 1,24/L de biodiesel na rota etflica). Seriam gerados 17 mil novos empregos em toda a cadeia produtiva, dos quais somente 10,3% na produção de biodiesel; o total gerado pela rota etflica é superior devido, principalmente, aos empregos gerados na produção de cana-de-açúcar (1.160 empregos). Esses novos empregos apresentam uma remuneração média ao redor de 20% superior à média da remuneração nacional apresentada em 2004, mostrando, nesse quesito, promover o ganho de remuneração.

A energia secundária produzida como biodiesel seria próxima de 300 ktep, demandando um aumento de energia primária não renovável de 96 ktep na média; entretanto, é importante destacar que essa produção de biodiesel traria um aumento na produção de torta, bagaço e farelo de soja, estimado em 6,0%. Na subseção 5.1.5 discutem-se os aspectos relativos aos indicadores do balanço de energia, de emissões de GEE e aos impactos socioeconômicos desta rota. Mesmo com o aumento do consumo de energia primária não renovável, essa produção de biodiesel traria uma redução de 1.100 Gg CO₂eq em relação a 2004.

Tabela 5. 2 Impactos de um cenário B1 com produção verticalizada de biodiesel a partir da soja e com redução das exportações de soja

Item	Rota 90% metilica e 10% etilica		Rota etilica	
	Valor	Relativo a 2004	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	418,4	1,07%	418,4	1,07%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	511,9	19,0%	510,7	18,9%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	2.287,0	0,07%	2.327,9	0,07%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-329,9	-0,210%	-341,9	-0,217%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	500,0		519,2	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,20		1,24	
PIB (R\$ milhão de 2004)	261,3	0,013%	281,4	0,014%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	0,62		0,67	
Empregos	16.431	0,019%	17.646	0,020%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.094	21,6%	1.067	18,7%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	96,9	0,044%	95,4	0,044%
Energia secundária biodiesel (ktep)	294,6		294,6	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO2 eq)	-1.100	-0,13%	-1.096	-0,13%

5.1.2 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral

A simulação feita neste cenário considera a rota etilica de produção, dado que não há diferença expressiva em relação à rota metilica, como apresentado na subseção anterior. A substituição total das importações de óleo diesel seria alcançada com uma mistura B5,51, mesmo tendo sido a importação de óleo diesel mineral em 2004 igual a 6,4% (EPE, 2010), o que se explica pelo aumento do rendimento da mistura em relação ao óleo diesel mineral. Essa produção de biodiesel seria próxima de 2,3 bilhões de litros, requerendo a redução das exportações de soja em 57,8% do observado em 2004; o aumento da produção de torta, bagaço e farelo de soja seria de 32,8%, e na produção de glicerol seria de 1.300%. A Tabela 5.3 apresenta os impactos desse cenário que considera a redução total das importações de óleo diesel mineral em 2004. Como na

Tabela 5.2, os resultados apresentados na coluna “Relativo a 2004” referem-se aos respectivos valores de toda a economia brasileira em 2004.

Os resultados apresentados na Tabela 5.3 são próximos da proporcionalidade em relação à Tabela 5.2 (considerando-se multiplicar, quando aplicável, os resultados da Tabela 5.2 por 5,51). A pequena diferença deve-se ao efeito não linear da redução de consumo da mistura biodiesel e óleo diesel mineral em relação ao óleo diesel mineral, bem como ao efeito do aumento do consumo de óleo diesel para produzir biodiesel quando se considera toda a cadeia produtiva (por exemplo, o consumo de óleo diesel para a produção de soja).

Na Tabela 5.3, destacam-se o aumento na produção setorial de R\$ 12,7 bilhões (sendo a produção de biodiesel responsável por 62,4%), a elevação do PIB setorial em R\$ 1,8 bilhão – mesmo com a necessidade de subsídios de R\$ 2,8 bilhões –, trazendo um benefício econômico líquido de R\$ 0,78/L de biodiesel produzido. Na rota ética, seriam gerados quase 100 mil empregos (dos quais 36,3% na atividade de comércio), com remuneração média 18,8% superior à média nacional; esta produção de biodiesel requer um aumento de 1.611 ktep de energia primária não-renovável, mas traria uma redução total de 5.800 Gg CO₂ eq explicada, essencialmente, devido às reduções de 7.900 Gg CO₂ eq pela substituição do consumo de óleo diesel mineral importado por biodiesel.

Tabela 5. 3 Impactos com produção verticalizada de biodiesel a partir da soja (rota etílica) – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	2.288,0	5,83%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	2693,9	100,0%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	12.722,6	0,37%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-1.924,5	-1,222%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	2.820,3	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,23	
PIB (R\$ milhão de 2004)	1.779,6	0,092%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	0,78	
Empregos	96.855	0,110%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.069	18,8%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	528,3	0,241%
Energia secundária biodiesel (ktep)	1.610,9	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-5.804	-0,69%

5.1.3 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja – uso de toda a soja exportada para a produção de biodiesel

Como discutido nos itens 5.1.1 e 5.1.2, o eventual esmagamento de toda a soja exportada pelo Brasil em 2004 permitiria produzir uma quantidade de biodiesel superior às importações de óleo diesel mineral naquele ano. Esse esmagamento permitiria viabilizar uma mistura de 9,16% de biodiesel em relação a todo o óleo diesel (B9,16). Para não reduzir a produção doméstica de óleo diesel mineral, foi suposto, neste cenário, que haveria um aumento da demanda final por

óleo diesel para dar conta do excesso de biodiesel produzido em relação às importações de óleo diesel. Os resultados dos impactos são apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5. 4 Impactos com produção verticalizada de biodiesel a partir da soja – uso de toda a soja exportada para a produção de biodiesel

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	3.956,3	10,08%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	2.695,0	100,0%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	21.903,0	0,64%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-3.432,1	-2,180%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	4.858,4	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,23	
PIB (R\$ milhão de 2004)	2.494,7	0,128%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	0,63	
Empregos	167.538	0,190%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.069	18,8%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	914,5	0,418%
Energia secundária biodiesel (ktep)	2.785,6	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-4.266	-0,50%

A produção de quase 4,0 bilhões de litros de biodiesel corresponde, em volume, a 10,1% de toda a produção de óleo diesel mineral brasileira em 2004. O aumento no nível da produção de todos os setores alcançaria R\$ 21,9 bilhões, trazendo um acréscimo de R\$ 2,5 bilhões no PIB setorial – um benefício econômico de R\$ 0,63/L de biodiesel produzido, mesmo requerendo um subsídio de R\$ 1,23/L. Destinado à produção de biodiesel, esse esmagamento da soja exportada

consistiria, de fato, em um caminho para agregar mais valor à soja, gerando, ainda, 167,5 mil novos empregos com remuneração média 18,8% superior à média nacional observada em 2004.

Comparado ao cenário anterior, não houve redução das emissões de GEE, pois manteve-se constante a produção de óleo diesel mineral doméstica, aumentando-se, desse modo, a demanda por óleo diesel (mistura óleo diesel mineral e biodiesel); conservando-se a demanda final por óleo diesel e reduzindo-se a produção de óleo diesel mineral doméstica (que seria de 2,84%) até esgotar a exportação de soja para a produção de biodiesel, seria atingido o cenário B9,57 com uma redução das emissões de GEE de 10.047 Gg CO₂ eq.

5.1.4 Impactos com a participação da rota de produção verticalizada de biodiesel de soja em 2010 – cenário B4,11 rota metílica

Em 2010, 82,2% do biodiesel foi obtido a partir da soja, de uma produção total que viabilizou a mistura B5 (ANP, 2011); nesse sentido, apresentam-se, na Tabela 5.5, os impactos de um cenário B4,11 (82,2% de 5%) supondo-se a produção de biodiesel ser 90% a partir da rota metílica e 10% da rota etílica.

Em relação ao ano de 2004, a produção de biodiesel nesse cenário seria de 1,7 bilhão de litros, com redução de 75,7% das importações de óleo diesel e requerendo a redução das exportações de soja em 45,0%. Essa produção de biodiesel traria um aumento de 25,5% na produção de torta, bagaço e farelo de soja; o acréscimo no PIB setorial seria de R\$ 1,25 bilhão, mesmo com os subsídios de R\$ 2,03 bilhões concedidos à atividade de produção de biodiesel, resultando em um benefício econômico de R\$ 0,73/L de biodiesel produzido.

Os 67,4 mil empregos gerados teriam uma remuneração mensal média R\$ 1.095 por emprego, valor 21,8% superior à média nacional em 2004. Mesmo com o aumento do consumo de 401 ktep de energia primária não-renovável na economia, haveria a redução de 4.395 Gg CO₂ eq das emissões de GEE.

Tabela 5. 5 Impactos da produção verticalizada de biodiesel de soja – cenário B4,11 rota metflica

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	1.709,7	4,36%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	2040,1	75,7%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	9.350,9	0,27%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-1.375,9	-0,874%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	2.033,1	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,19	
PIB (R\$ milhão de 2004)	1.247,2	0,064%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	0,73	
Empregos	67.393	0,076%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.095	21,8%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	400,5	0,183%
Energia secundária biodiesel (ktep)	1.203,8	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-4.395	-0,52%

5.1.5 Produção verticalizada de biodiesel a partir da soja – indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa

Os indicadores socioeconômicos, do balanço de energia e de emissões de GEE são quantificados supondo-se a rota ética de produção e considerando-se os efeitos diretos e indiretos dos insumos necessários para a produção de biodiesel e glicerol. Esses indicadores são comparados com aqueles da produção de óleo diesel mineral, que também foram obtidos com a aplicação do modelo de insumo-produto desenvolvido para essa tese. Os indicadores obtidos do óleo diesel mineral constam na Tabela 5.6.

Tabela 5. 6 Balanço energético, emissões e indicadores socioeconômicos da produção de óleo diesel mineral no Brasil

Item	Óleo diesel mineral
Balanço energético	0,86
Emissões GEE (gCO ₂ eq/MJ)	89,02
Participação CO ₂	98,7%
Participação CH ₄	1,0%
Participação N ₂ O	0,3%
Valor da produção (R\$/GJ)	48,21
PIB (R\$/GJ)	15,48
Empregos (Qde/TJ)	0,25
Remuneração fator trabalho (R\$/mês/emprego)	1.714,48

Os indicadores socioeconômicos da produção verticalizada de biodiesel de soja são apresentados na Tabela 5.7, e foram obtidos em função da mistura de biodiesel ao óleo diesel usada na economia. A participação do valor econômico do biodiesel foi usada como critério de alocação para os valores obtidos.

Os resultados apresentados na Tabela 5.7 mostram que as diferenças nos valores dos indicadores são pequenas quando se leva em consideração o teor de biodiesel misturado ao óleo diesel mineral. Na situação B0 (isto é, o óleo diesel usado na economia é totalmente de origem mineral), quando se considera toda a cadeia produtiva, cada GJ produzido de biodiesel requer a produção de R\$ 132,02, enquanto a produção de óleo diesel mineral requer R\$ 48,21 (Tabela 5.6), mostrando que a produção do biocombustível tem maior impacto sobre o nível da atividade setorial agregada. Esse efeito também é percebido quando se avalia o impacto sobre o PIB, sendo o valor do biodiesel 23,5% superior ao óleo diesel mineral.

A grande diferença, em relação ao óleo diesel mineral, diz respeito ao indicador de empregos, para o qual, para cada unidade de energia produzida, o número de empregos relativo ao biodiesel é 5,7 vezes o do combustível fóssil; em contrapartida, a remuneração do fator trabalho é 28,8% menor em relação ao óleo diesel mineral, mas 35,8% superior à média da economia do país em 2004. O efeito de se aumentar o teor de biodiesel ao óleo diesel mineral é

mais significativo sobre o indicador de empregos, sendo 13,6% maior quando se comparam as situações extremas B100 e B0.

Tabela 5. 7 Indicadores socioeconômicos da produção verticalizada de biodiesel a partir da soja

Indicadores socioeconômicos - base valor econômico				
Mistura	Valor da produção (R\$/GJ)	PIB (R\$/GJ)	Empregos (Qde/TJ)	Remuneração fator trabalho (R\$/mês/emprego)
B0	132,02	19,12	1,44	1.221,36
B20	130,37	19,33	1,42	1.219,55
B40	132,05	19,30	1,45	1.217,97
B60	134,13	19,25	1,48	1.216,39
B80	137,05	19,14	1,52	1.214,80
B100	145,55	18,67	1,64	1.213,15

Os indicadores do balanço de energia e de emissões de GEE foram calculados em relação aos critérios de alocação em valor econômico, em massa e em conteúdo energético, bem como sem alocação (ou seja, com todos os impactos atribuídos ao biodiesel); a Tabela 5.8 exibe os valores dos conteúdos de energia adotados para o óleo diesel mineral, o biodiesel e os co-produtos.

Tabela 5. 8 Conteúdo energético dos produtos associados à produção de biodiesel

Produto	Conteúdo energético (MJ/kg)
Óleo diesel mineral	42,3 ¹
Biodiesel	33,5 ²
Óleo de soja	39,6 ²
Torta, bagaço e farelo de soja	15,0 ³
Glicerol	25,3 ⁴

(1): Balanço Energético Nacional (EPE, 2010)

(2): Barnwal e Sharma, 2005 apud Evangelista Júnior, 2009

(3): Mendes et al., 2004 apud Mourad, 2008

(4): Trigo et al., 2007 apud Mourad, 2008

Na Tabela 5.9 são apresentados os indicadores do balanço de energia (razão energia renovável do biodiesel pelo aporte total de energia primária não-renovável usada em toda a cadeia produtiva) em função da mistura de biodiesel ao óleo diesel; a Figura 5.1 também ilustra os valores desses indicadores.

Tabela 5. 9 Balanço energético da produção verticalizada de biodiesel a partir da soja, para diferentes critérios de alocação

Balanço Energético				
Mistura	Sem alocação	Valor econômico	Massa	Energia
B0	1,22	2,14	2,89	2,22
B20	1,30	2,28	3,05	2,37
B40	1,34	2,35	3,12	2,44
B60	1,37	2,41	3,19	2,51
B80	1,40	2,47	3,25	2,57
B100	1,36	2,42	3,18	2,54

Os valores apresentados na Tabela 5.9 mostram que o indicador do balanço de energia depende do critério de alocação escolhido. Considerando-se o valor obtido com o critério de alocação em massa na situação B0 (2,89), há uma diferença expressiva em relação ao óleo diesel mineral, para o qual cada 0,86 unidade de energia de óleo diesel requer uma unidade de energia primária não-renovável na cadeia produtiva da economia para produzi-la.

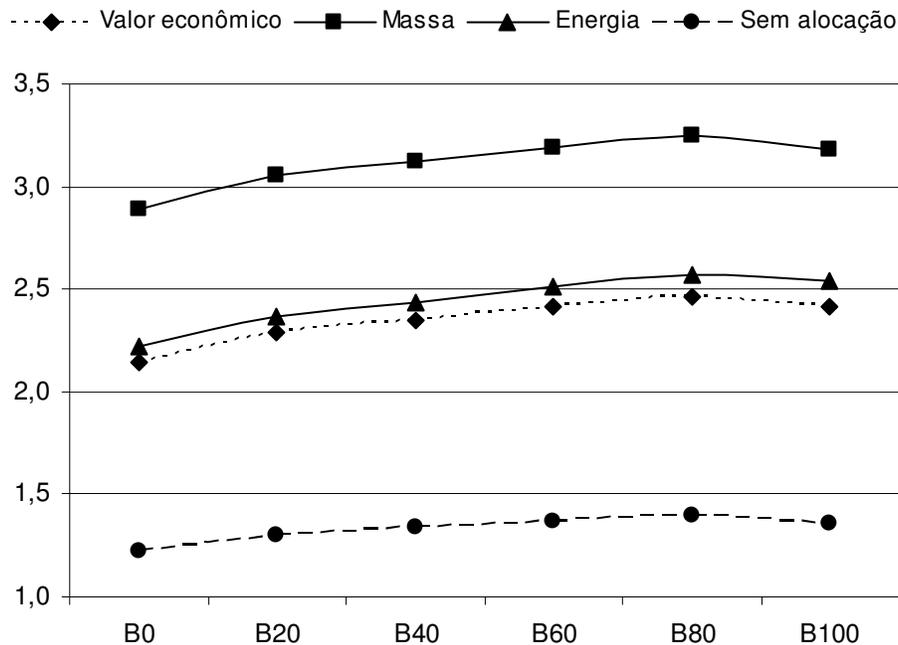


Figura 5. 1 Balanço energético da produção verticalizada de biodiesel de soja em função do teor da mistura

Na Figura 5.1 pode-se observar a influência do teor de biodiesel sobre o balanço de energia na produção de biodiesel. Na situação em que, hipoteticamente, toda a cadeia de produção de biodiesel também usasse biodiesel a partir da soja, o aumento do indicador do balanço energético, em relação à situação em que na cadeia produtiva de biodiesel só se usasse óleo diesel mineral, seria em torno de 12%. Observa-se, também, que os valores dos indicadores atingem seu máximo na mistura B80, apresentando um decréscimo na mistura B100 em função do aumento do consumo volumétrico comparado ao B0 (ver subseção 4.3.1, Capítulo 4).

O resultado do balanço energético obtido em relação ao critério de alocação em massa, na situação B0, de 2,89, é pouco inferior ao obtido por Mourad e Walter (2011) – 4,27 –, como também em relação a outros dois trabalhos (SHEEHAN et al., 2008, e PRADHAN et al. 2006) mencionados por Mourad e Walter (2011), que obtiveram 3,22 e 3,83, respectivamente. Esses estudos fazem uso da Análise de Ciclo de Vida (ACV) como metodologia para a avaliação; a diferença em relação ao resultado desta tese deve-se, essencialmente, aos diferentes valores usados no rendimento agrícola, no conteúdo energético do biodiesel e na metodologia

empregada, uma vez que na análise de insumo-produto a fronteira do sistema está em toda a cadeia produtiva da economia.

Os resultados dos indicadores de emissões de GEE são apresentados na Tabela 5.10 e na Figura 5.2. Pode-se notar que as emissões de GEE diminuem com o aumento da participação de biodiesel, chegando a reduzir 7,7% quando se compara a situação B80 com B0 ao se utilizar a energia dos co-produtos como critério de alocação; a redução das emissões em relação ao óleo diesel mineral, para a alocação pelo valor econômico, varia entre 42,5% a 46,7%. Para a alocação pela massa, as reduções seriam em torno de 60%.

Esses valores encontrados são, também, próximos daqueles encontrados por diversos autores que fazem uso da ACV para essa avaliação. Por exemplo, O'CONNOR (2011) encontrou, para o biodiesel de soja, uma redução de 62,6% em relação ao óleo diesel mineral, usando dados do ano de 2005. Naturalmente, essas reduções dependem de diversos fatores e hipóteses assumidas, como também da metodologia usada; novamente, chama-se à atenção para o fato de que, na análise de insumo-produto, são computados todos os efeitos diretos e indiretos associados à produção de um determinado produto, onde a fronteira do sistema está na cadeia produtiva considerando todos os setores.

Tabela 5. 10 Balanço de emissões de GEE da produção verticalizada de biodiesel a partir da soja, para diferentes critérios de alocação

Mistura	Emissões de GEE (gCO ₂ eq/MJ)					Participação emissões (CO ₂ eq)		
	Sem alocação	Valor econômico	Massa	Energia	Red. emis. relativas ao diesel mineral (crit. valor econ.)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
B0	97,02	51,15	36,06	49,50	42,5%	68,0%	2,6%	29,5%
B20	93,94	48,93	34,55	47,36	45,0%	66,9%	2,6%	30,5%
B40	93,97	48,25	34,05	46,64	45,8%	65,8%	2,7%	31,5%
B60	94,34	47,70	33,63	46,03	46,4%	64,6%	2,7%	32,7%
B80	95,53	47,45	33,39	45,70	46,7%	63,3%	2,8%	33,9%
B100	102,55	49,44	34,50	47,37	44,5%	62,0%	2,9%	35,2%

Na parte direita da Tabela 5.10, e também na Figura 5.2, pode-se observar que a participação do CO₂ nas emissões decresce com o aumento do biodiesel na mistura com óleo diesel mineral, ocorrendo o inverso com as participações de CH₄ e N₂O; isso é explicado, essencialmente, porque a redução de óleo diesel mineral na fase agrícola do cultivo da soja

diminui, ganhando mais relevância as emissões de N₂O no cultivo da soja, e, com menor intensidade, as emissões de CH₄ e N₂O no cultivo da cana-de-açúcar.

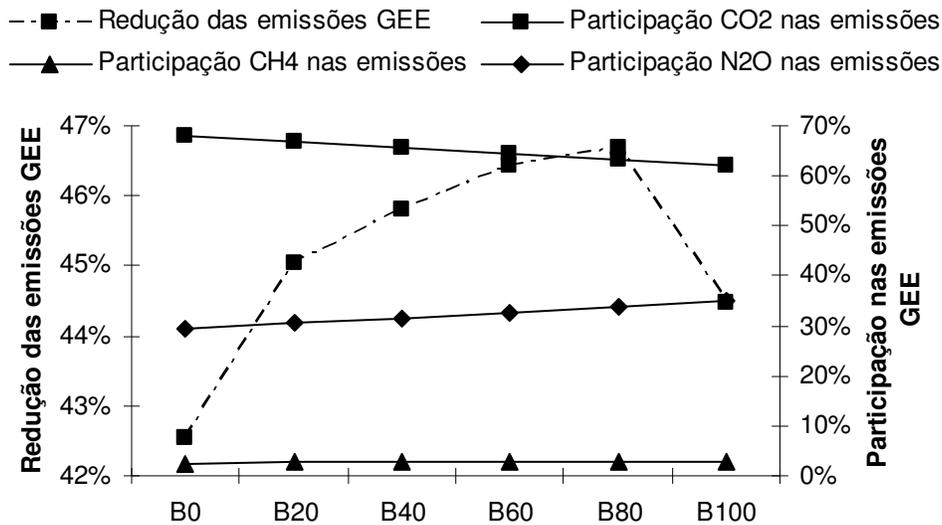


Figura 5. 2 Redução das emissões de GEE do biodiesel a partir da soja em relação ao diesel mineral e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura

5.2 Produção de biodiesel a partir de óleo de soja

5.2.1 Produção de biodiesel a partir de óleo de soja – cenário B1

Nesta rota tecnológica de produção de biodiesel o setor produtor de biodiesel não realiza o esmagamento dos grãos de soja (como descrito na seção 5.1), mas recebe o óleo bruto de soja do setor produtor de óleo bruto, tortas, bagaço e farelo de soja. Como na análise feita em relação à rota anterior, duas alternativas podem ser consideradas para suprir a demanda de óleo de soja: a primeira levaria em consideração aumentar a produção de soja para esse fim – resultando, porventura, a necessidade da expansão da fronteira agrícola – e, a segunda, reduzir as exportações de óleo bruto de soja para viabilizar a produção de biodiesel; nesse caso, também haveria um *trade-off* entre as reduções das exportações de óleo bruto de soja e os eventuais benefícios da produção de biodiesel, de glicerol e da redução das importações de óleo diesel mineral.

Como feito na rota anterior (seção 5.1), os resultados apresentados dos impactos socioeconômicos de um cenário B1 dessa rota dizem respeito à segunda alternativa, ou seja, o choque realizado impõe um cenário B1 reduzindo-se as exportações de óleo bruto de soja – de tal modo que sua produção doméstica não se altere. Nota-se, também, que nesse cenário B1, a produção de glicerol a partir do biodiesel seria suficiente para atender toda a demanda doméstica; logo, a demanda final por glicerol foi feita exógena para dar conta de um possível excesso de glicerol. Os resultados dos impactos socioeconômicos são apresentados na Tabela 5.11, sendo comparados os impactos com 90% da produção pela rota metálica e 10% da produção pela rota etílica.

Para atender o cenário B1, as exportações de óleo bruto de soja teriam de ser reduzidas em 16,2%, havendo oportunidade, então, para aumentar ainda mais a produção de biodiesel sem aumentar a área plantada de soja (ver subseção 5.2.3).

Note-se que a produção de biodiesel é em torno de 106 milhões de litros inferior à redução das importações de óleo diesel, devido ao ganho de eficiência ao se adicionar biodiesel ao óleo diesel mineral (ver Capítulo 4, subseção 4.3.1); se o rendimento da mistura B1 fosse considerado igual ao do óleo diesel mineral, a produção de biodiesel seria superior à redução das importações de óleo diesel em torno de 6 milhões de litros, dado o uso de óleo diesel em outros setores da cadeia produtiva.

Os resultados exibidos na Tabela 5.11 mostram que não há diferenças significativas nos impactos comparando-se a rota metálica com a etílica, exceto os impactos sobre os empregos gerados. A redução nas importações de óleo diesel mineral seria de 19,5%; o aumento no valor da produção de todos os setores seria de R\$ 685 milhões na rota predominantemente metálica, e de R\$ 787 milhões na rota etílica. Já o PIB setorial teria reduções totais de R\$ 236 milhões e R\$ 197 milhões, respectivamente, nas rotas metálica e etílica, mostrando, assim, que a conversão do óleo vegetal em biodiesel, mesmo com a redução das importações de óleo diesel mineral, não traz vantagem econômica, uma situação oposta àquela em que se reduz a exportação de grãos de soja para a produção de biodiesel. Então, no cenário B1 agora analisado, a produção de biodiesel teria um custo econômico de R\$ 0,56/L na rota metálica, e de R\$ 0,47/L na rota etílica.

Tabela 5. 11 Impactos de um cenário B1 com produção de biodiesel a partir de óleo de soja e com redução das exportações de óleo bruto de soja

Item	Rota 90% metálica e 10% etílica		Rota etílica	
	Valor	Relativo a 2004	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	418,2	1,07%	418,2	1,07%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	525,7	19,5%	523,9	19,4%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	684,8	0,02%	787,2	0,02%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-421,5	-0,268%	-430,0	-0,273%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	542,8		560,3	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,30		1,34	
PIB (R\$ milhão de 2004)	-236,3	-0,012%	-196,9	-0,010%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	-0,56		-0,47	
Empregos	2.750	0,003%	4.495	0,005%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.402	55,8%	1.171	30,2%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	80,1	0,037%	79,3	0,036%
Energia secundária biodiesel (ktep)	294,5		294,5	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-1.212	-0,14%	-1.204	-0,14%

Seriam gerados 2,8 mil novos empregos na rota metálica, e 4,5 mil na etílica (1,1 mil empregos na produção de cana-de-açúcar), dos quais somente 280 empregos seriam gerados nas plantas produtoras de biodiesel. Os empregos gerados são muito inferiores aos 17 mil apontados no cenário descrito na subseção 5.1.1, pois, agora, não é necessária a atividade de esmagamento dos grãos de soja. Esses novos empregos apresentam uma remuneração média 56% e 30% superiores à média nacional em 2004, respectivamente para as rotas metálica e etílica.

A energia secundária produzida como biodiesel seria próxima de 295 ktep (o mesmo valor do cenário apresentado na subseção 5.1.1), demandando um aumento de energia primária não renovável de 80 ktep (inferior ao apresentado na subseção 5.1.1); mesmo com o aumento do consumo de energia primária não renovável, essa produção de biodiesel traria uma redução de 1.200 Gg CO₂eq em relação a 2004. Comparando-se a produção de biodiesel a partir da soja para

atingir um cenário B1, a redução das exportações de soja traz benefício econômico em torno de R\$ 0,65/L, gerando 17 mil empregos com redução das emissões de GEE em 1.100 Gg CO₂ eq; a redução das exportações de óleo de soja traz custo econômico em torno de R\$ 0,52/L, gera entre 2,8 mil a 4,5 mil empregos e traz redução das emissões de GEE em 1.200 Gg CO₂ eq.

5.2.2 Produção de biodiesel a partir de óleo de soja – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral

A simulação feita neste cenário considera a rota etílica de produção. A substituição total das importações de óleo diesel seria alcançada com uma mistura B5,37, mesmo tendo sido a importação de óleo diesel mineral em 2004 estimada em 6,4% (EPE, 2010), efeito, novamente, do aumento do rendimento da mistura em relação ao óleo diesel mineral. A produção de biodiesel seria de 2,23 bilhões de litros, exigindo a redução das exportações de óleo bruto de soja em 86,1% do observado em 2004; o aumento da produção de glicerol seria de 1.275%. A Tabela 5.12 apresenta os impactos deste cenário de redução total das importações de óleo diesel mineral em 2004.

Na Tabela 5.12 devem ser destacados o aumento na produção setorial de R\$ 4,4 bilhões (sendo a produção de biodiesel responsável por 44,0%), a queda do PIB setorial em R\$ 812 milhões – com a necessidade de subsídios no valor de R\$ 2,96 bilhões –, e um custo econômico líquido de R\$ 0,36/L de biodiesel produzido. Seriam gerados 24,3 mil empregos (dos quais 4,4 mil na atividade de comércio e somente 1,5 mil na produção de biodiesel), com remuneração média 31% superior à média nacional.

Neste cenário, considerando-se todos os efeitos diretos e indiretos da cadeia de produção associada ao biodiesel, seria demandado um aumento de 1.567 ktep de energia primária não-renovável, mas ainda assim haveria uma redução total de 6.228 Gg CO₂ eq explicada, essencialmente, devido às reduções de 7.885 Gg CO₂ eq pela substituição do consumo de óleo diesel mineral importado por biodiesel. Comparando-se os resultados desse cenário com os apresentados na subseção 5.1.2, observa-se que as diferenças em termos das reduções das emissões de GEE não são expressivas.

Tabela 5. 12 Impactos da produção de biodiesel a partir do óleo de soja (rota ética) – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	2.225,6	5,67%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	2.694,5	100,0%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	4.183,2	0,12%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-2.339,0	-1,486%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	2.963,3	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,33	
PIB (R\$ milhão de 2004)	-812,2	-0,042%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	-0,36	
Empregos	24.262	0,027%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.174	30,6%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	428,0	0,196%
Energia secundária biodiesel (ktep)	1.567,0	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-6.228	-0,74%

5.2.3 Produção de biodiesel a partir de óleo de soja – uso de todo o óleo bruto de soja exportado para a produção de biodiesel

A redução completa das exportações de óleo bruto de soja, tomando-se como referência o ano de 2004, seria suficiente para produzir uma quantidade de biodiesel que excederia o volume de óleo diesel mineral importado naquele ano pelo Brasil, como discutido nas subseções 5.2.1.e 5.2.2. Se esse óleo vegetal exportado fosse destinado totalmente à produção de biodiesel, isso permitiria uma mistura de 6,18% de biodiesel em relação a todo o óleo diesel (B6,18). Como feito na subseção 5.1.3, foi suposto, neste cenário, um aumento da demanda final por óleo diesel

para dar conta do excesso de biodiesel produzido em relação às importações de óleo diesel, de tal modo a não reduzir a produção doméstica de óleo diesel mineral; os resultados dos impactos são apresentados na Tabela 5.13.

É interessante notar que a produção de 2,59 bilhões de litros de biodiesel é inferior ao volume de 2,70 bilhões de litros de óleo diesel importado em 2004, sendo isso possível devido ao ganho de rendimento da mistura B6,18 em relação ao B0 (ver Capítulo 4, subseção 4.3.1). O aumento no nível da produção de todos os setores alcançaria R\$ 4,85 bilhões, mas haveria uma redução de R\$ 1,07 bilhão no PIB setorial – um custo econômico de R\$ 0,41/L de biodiesel produzido, relativo a um subsídio de R\$ 1,33/L. A conversão do óleo de soja exportado em biodiesel geraria 28,2 mil empregos com remuneração média 30,6% superior à média nacional observada em 2004, com redução de valor agregado à cadeia produtiva (devido à redução líquida do PIB setorial) e redução das emissões de GEE em relação ao ano de 2004 em 5.956 Gg CO₂ eq.

Neste cenário, a manutenção da produção doméstica de óleo diesel mineral resulta em um aumento de 20,0% da demanda final por óleo diesel. Se a demanda final por óleo diesel fosse mantida inalterada em relação a 2004, a produção de óleo diesel mineral doméstica teria de ser reduzida em 1,07%, atingindo-se o cenário B6,24 com uma redução das emissões de GEE de 7.262 Gg CO₂ eq.

Os resultados deste cenário mostram que os benefícios socioeconômicos associados ao uso de toda a soja exportada para a produção de biodiesel (subseção 5.1.3) são maiores em relação ao uso de todo o óleo de soja exportado para a produção do biocombustível.

Tabela 5. 13 Impactos da produção de biodiesel a partir de óleo de soja – uso de todo o óleo bruto de soja exportado para a produção de biodiesel

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	2.585,8	6,59%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	2.695,0	100,0%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	4.845,9	0,14%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-2.733,4	-1,736%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	3.439,7	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,33	
PIB (R\$ milhão de 2004)	-1.065,6	-0,055%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	-0,41	
Empregos	28.201	0,032%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.175	30,6%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	497,5	0,227%
Energia secundária biodiesel (ktep)	1.820,6	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-5.956	-0,70%

Os impactos apresentados nesta subseção e na subseção 5.1.3 sugerem a análise de um outro cenário, que consistiria, em relação ao ano de 2004, no potencial máximo de produção de biodiesel a partir da soja sem expandir a área cultivada de soja, isto é, usando-se toda a soja exportada (cenário da subseção 5.1.3) e todo o óleo de soja exportado (cenário desta subseção) para este fim. Mantendo-se a produção de óleo diesel mineral constante, seriam produzidos 6,54 bilhões de litros de biodiesel, correspondentes a uma mistura B14,29 – note-se que esse resultado não é a simples soma dos teores apresentadas nas subseções 5.1.3 e 5.2.3, o que resultaria em uma mistura B15,24. Os resultados dessa combinação são apresentados na Tabela 5.14. Seriam

gerados 196 mil empregos, haveria um aumento de 56,7% na produção de torta, bagaço e farelo de soja, e um aumento no PIB de R\$ 505 milhões – significando um benefício econômico líquido de R\$ 0,08/L de biodiesel produzido. A demanda final por óleo diesel (óleo diesel mineral e biodiesel) aumentaria 139%, e, mesmo com o aumento do consumo de 4.606 ktep de energia primária não-renovável na economia, as emissões totais de GEE seriam reduzidas em 2.301 Gg CO₂ eq.

Tabela 5. 14 Impactos da produção de biodiesel a partir de óleo de soja – uso de toda a soja e todo o óleo bruto de soja exportado para a produção de biodiesel

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	6.541,5	16,67%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	2.695,0	100,0%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	26.893,4	0,78%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-6.439,3	-4,090%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	8.286,1	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,27	
PIB (R\$ milhão de 2004)	505,1	0,026%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	0,08	
Empregos	196.193	0,222%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.084	20,5%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	1.414,1	0,646%
Energia secundária biodiesel (ktep)	4.605,7	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-2.301	-0,27%

5.2.4 Impactos com a participação da rota de produção de biodiesel de óleo de soja em 2010 – cenário B4,11 rota metílica

Como descrito na subseção 5.1.4, em 2010 a produção de biodiesel no Brasil atingiu a mistura B5, sendo 82,2% da produção obtida a partir da soja. Na Tabela 5.15 são apresentados os impactos do cenário B4,11 (82,2% de 5%) da produção de biodiesel a partir do óleo de soja, supondo-se 90% da produção a partir da rota metílica e 10% a partir da rota etílica.

Tabela 5. 15 Impactos da produção de biodiesel de óleo de soja – cenário B4,11 rota metílica

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	1.707,4	4,35%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	2.094,2	77,7%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	2.800,6	0,08%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-1.748,2	-1,110%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	2.205,6	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,29	
PIB (R\$ milhão de 2004)	-785,0	-0,040%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	-0,46	
Empregos	11.470	0,013%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.402	55,9%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	331,4	0,151%
Energia secundária biodiesel (ktep)	1.202,2	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-4.849	-0,57%

Neste cenário, em relação ao ano de 2004, a produção de biodiesel alcançaria 1,71 bilhão de litros, com uma redução de 2,09 bilhões de litros de óleo diesel importado (77,7% do total em 2004). Esses valores são praticamente os mesmos daqueles observados na Tabela 5.5, que

corresponde ao mesmo cenário, porém, supondo-se a rota de produção verticalizada de biodiesel a partir da soja com redução das exportações de soja. Ainda na Tabela 5.15, nota-se que haveria um aumento de R\$ 2,80 bilhões no valor da produção setorial, sendo este bem inferior aos R\$ 9,35 bilhões da Tabela 5.5 pois, agora, não se conta com o aumento da produção de torta, bagaço e farelo de soja.

No presente cenário, as reduções das exportações de óleo de soja para produção de biodiesel e glicerina trariam uma redução no PIB de R\$ 785 milhões, resultando em um custo econômico de R\$ 0,46/L de biodiesel produzido. Este resultado é completamente oposto àquele observado na Tabela 5.5, que apresentava um benefício econômico de R\$ 0,73/L de biodiesel produzido.

Em relação ao ano de 2004, a produção de biodiesel naquele cenário seria de 1,7 bilhão de litros, com redução de 75,7% das importações de óleo diesel e requerendo a redução das exportações de soja em 45,0%. Essa produção de biodiesel traria um aumento de 25,5% na produção de torta, bagaço e farelo de soja; o acréscimo no PIB setorial seria de R\$ 1,25 bilhão, mesmo com os subsídios de R\$ 2,03 bilhões concedidos à atividade de produção de biodiesel, resultando em um benefício econômico de R\$ 0,73/L de biodiesel produzido. Ainda no cenário que corresponde aos resultados da Tabela 5.15, seriam gerados 11,5 mil empregos (com remuneração mensal média de R\$ 1.402), contra 67,4 mil (com remuneração mensal média de R\$ 1.095) no cenário correspondente ao da Tabela 5.5; o principal motivo para a diferença dos empregos reside na cadeia produtiva associada ao esmagamento da soja para a produção de óleo vegetal e torta, bagaço e farelo de soja.

Na produção de biodiesel com a redução das exportações de óleo de soja haveria uma redução de 4.849 Gg CO₂ eq das emissões de GEE, enquanto o abatimento com a redução das exportações de soja seria de 4.395 Gg CO₂ eq das emissões de GEE.

5.2.5 Produção de biodiesel a partir do óleo soja – indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa

O procedimento adotado para quantificar os indicadores socioeconômicos, do balanço de energia e de emissões de GEE nesta rota de produção de biodiesel é o mesmo daquele realizado na subseção 5.1.5, sendo suposta a rota etílica de produção e considerando-se os efeitos diretos e indiretos dos insumos necessários para a produção de biodiesel e seus co-produtos – torta, bagaço

e farelo de soja e glicerol. Os indicadores são comparados com aqueles da produção de óleo diesel mineral e que são apresentados na Tabela 5.6.

Na Tabela 5.16 são apresentados os indicadores socioeconômicos da produção de biodiesel a partir do óleo de soja em função da mistura de biodiesel ao óleo diesel usada na economia, sendo adotada a participação do valor econômico do biodiesel como critério de alocação para os valores obtidos. Os resultados da Tabela 5.16 podem ser comparados com os da Tabela 5.7, que mostram os indicadores da rota de produção verticalizada de biodiesel a partir da soja; as diferenças são relevantes (em torno de 42% maiores) somente para os indicadores do valor da produção porque na rota a partir do óleo de soja deve-se adicionar as atividades de transporte e margem de comércio da produção do óleo vegetal até a entrega nas plantas de biodiesel. Isso também explica porque os indicadores de emprego da rota a partir do óleo de soja são 4% superiores aos da rota verticalizada.

Tabela 5. 16 Indicadores socioeconômicos da produção de biodiesel a partir do óleo de soja

Indicadores socioeconômicos - base valor econômico				
Mistura	Valor da produção (R\$/GJ)	PIB (R\$/GJ)	Empregos (Qde/TJ)	Remuneração fator trabalho (R\$/mês/emprego)
B0	186,04	19,03	1,50	1.212,08
B20	183,89	19,25	1,48	1.210,22
B40	186,76	19,22	1,51	1.208,61
B60	190,24	19,16	1,54	1.206,99
B80	195,04	19,05	1,58	1.205,36
B100	208,42	18,57	1,71	1.203,68

Os resultados apresentados na Tabela 5.16 mostram, também, que as diferenças dos indicadores são pequenas quando se leva em consideração o teor de biodiesel misturado ao óleo diesel mineral. Na situação B0, quando se considera toda a cadeia produtiva, cada GJ produzido de biodiesel requer a produção de R\$ 186,04, enquanto a produção de óleo diesel mineral requer R\$ 48,21 (Tabela 5.6), mostrando que a produção do biocombustível tem maior impacto sobre o nível da atividade setorial agregada. Esse efeito também é percebido quando se avalia o impacto sobre o PIB, sendo o valor do biodiesel superior em 23,0% ao do óleo diesel mineral. Em relação ao óleo diesel mineral, a maior diferença é observada no indicador de empregos, para o qual, para cada unidade de energia produzida, o número de empregos na produção de biodiesel é quase seis

vezes ao gerado na produção do combustível fóssil; por outro lado, a remuneração do fator trabalho é 29,3% menor comparada aos resultados do óleo diesel mineral, mas 34,8% superior à média do Brasil em 2004.

Os indicadores do balanço de energia e de emissões de GEE do biodiesel, mostrados na Tabela 5.17 e na Figura 5.3 em função do teor de biodiesel misturado ao óleo diesel, foram calculados em relação aos critérios de alocação em valor econômico, em massa e em conteúdo energético considerando-se a produção dos produtos biodiesel, glicerol em bruto e torta, bagaço e farelo de soja, como também sem alocação aos co-produtos associados ao biodiesel.

Tabela 5. 17 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de soja

Balanço Energético				
Mistura	Sem alocação	Valor econômico	Massa	Energia
B0	1,21	2,10	2,82	2,18
B20	1,29	2,24	2,98	2,32
B40	1,32	2,31	3,06	2,39
B60	1,35	2,37	3,13	2,47
B80	1,38	2,43	3,19	2,53
B100	1,34	2,38	3,13	2,50

Os valores dos balanços apresentados na Tabela 5.17 são ligeiramente inferiores aos seus correspondentes mostrados na Tabela 5.9, uma vez que na rota a partir do óleo de soja deve-se acrescentar os impactos diretos e indiretos sobre o uso de energia primária não-renovável nas atividades relacionadas às margens de transporte e comércio do óleo de soja até as plantas produtoras de biodiesel. Observando-se a Tabela 5.17, percebe-se, novamente, a importância do critério de alocação em relação aos valores obtidos. Na situação B0, tomando-se como referência o valor de 2,82 obtido com o critério de alocação em massa, nota-se a diferença em relação ao óleo diesel mineral, sendo que cada 0,86 unidade de energia de óleo diesel requer uma unidade de energia primária não-renovável na cadeia produtiva da economia para produzi-la (ver Tabela 5.6).

A Figura 5.3 mostra, de modo mais claro, a influência do teor de biodiesel sobre o balanço de energia na produção de biodiesel a partir do óleo de soja, cujo comportamento é muito

semelhante ao observado na Figura 5.1, que diz respeito à produção verticalizada de biodiesel a partir da soja. Os valores máximos são atingidos na mistura B80, apresentando um aumento em torno de 15%, dependendo do critério de alocação adotado, em relação à situação B0. Nota-se, também, que na mistura B100 os indicadores apresentam reduções de seus valores em relação à situação B80, devido à redução da eficiência do B100 compara às outras misturas (ver subseção 4.3.1, Capítulo 4).

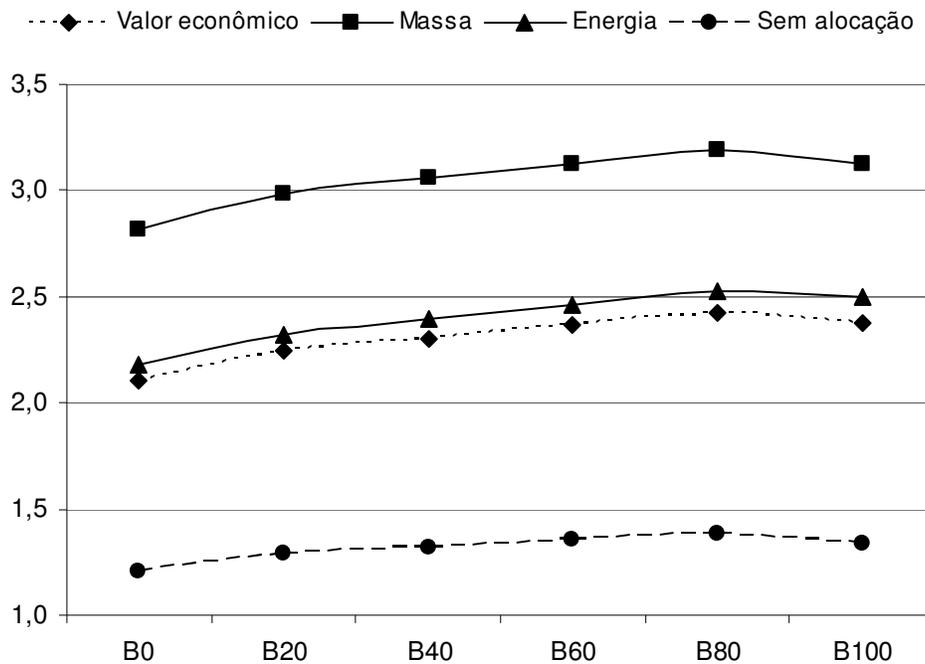


Figura 5. 3 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de soja

Na Tabela 5.18 e na Figura 5.4 são apresentados os resultados dos indicadores de emissões de GEE, cujos valores são muito próximos (a variação é em torno de 1%) daqueles obtidos para a rota de produção verticalizada de biodiesel a partir da soja (ver Tabela 5.10 e Figura 5.2). Da Tabela 5.18, pode-se observar que as emissões de GEE diminuem com o aumento da participação de biodiesel até a mistura B80, apresentando uma redução de 7,8% e 7,9%, respectivamente, para os critérios de alocação em massa e em energia; a redução das emissões em relação ao óleo diesel mineral, cujo valor econômico foi escolhido como critério de alocação, varia entre 42,0% a 46,3%.

Tabela 5. 18 Balanço de emissões de GEE da produção de biodiesel a partir do óleo de soja

Mistura	Emissões de GEE (gCO ₂ eq/MJ)					Participação emissões (CO ₂ eq)		
	Sem alocação	Valor econômico	Massa	Energia	Red. emis. relativas ao diesel mineral (crit. valor econ.)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
B0	97,54	51,65	36,53	49,98	42,0%	68,2%	2,6%	29,2%
B20	94,46	49,38	34,96	47,79	44,5%	67,2%	2,6%	30,2%
B40	94,50	48,67	34,41	47,04	45,3%	66,0%	2,7%	31,3%
B60	94,89	48,08	33,95	46,40	46,0%	64,8%	2,7%	32,5%
B80	96,11	47,80	33,67	46,03	46,3%	63,5%	2,8%	33,7%
B100	103,23	49,78	34,74	47,68	44,1%	62,0%	2,9%	35,1%

Na Tabela 5.18 e na Figura 5.4 pode-se notar, em relação à participação das emissões dos gases de efeito estufa, a importância decrescente do CO₂ e crescentes do CH₄ e do N₂O com o aumento da participação do biodiesel na mistura com o óleo diesel mineral. Isso deve-se à redução do óleo diesel mineral na fase agrícola do cultivo da soja e da cana-de-açúcar, bem como do aumento das emissões de CH₄ e N₂O devido à maior produção de soja e cana.

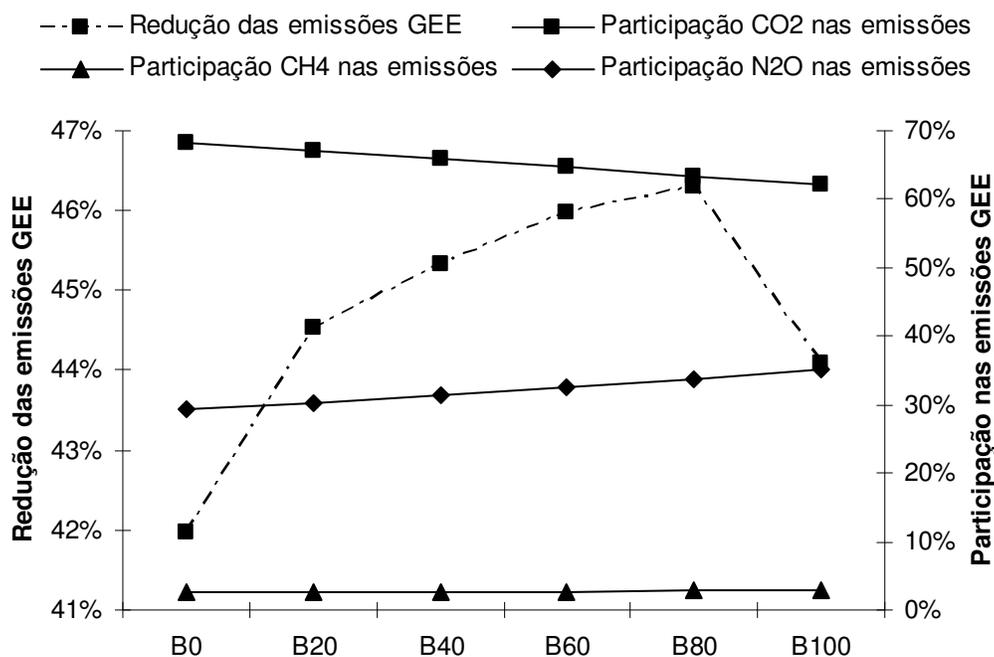


Figura 5. 4 Redução das emissões de GEE do biodiesel de óleo de soja em relação ao diesel mineral e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura

5.3. Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino

Esta rota tecnológica de produção de biodiesel é caracterizada pelo aproveitamento do sebo, obtido na produção de carne bovina, para a produção de biodiesel. Nesse sentido, considera-se como representativo desse modelo de produção o setor de Abate de animais destinado à produção do produto “Abate e preparação dos produtos da carne”, sendo admitida a instalação de uma planta produtora de biodiesel a partir dos resíduos (sebo e gordura animal) da produção de carne bovina. A atividade ocorre sobretudo a partir do abate de animais bovinos.

5.3.1 Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino – cenário B1

A análise da introdução desta rota foi suposta mantendo-se inalterada a produção do produto “Bovinos e outros animais vivos”, com a finalidade de se quantificar o potencial de produção de biodiesel sem alterar a produção de carne bovina. Nessa situação são avaliados os potenciais benefícios da produção de biodiesel (e de glicerol) pelo setor produtor de carne bovina nacional. O choque realizado impõe um cenário B1 mantendo-se as produções dos produtos “Bovinos e outros animais vivos” e “Abate e preparação de produtos da carne” inalteradas; a produção de biodiesel necessária substitui a parcela correspondente de óleo diesel importado e a quantidade de glicerol produzido substitui a parcela produzida pelo setor “Produtos químicos”. Os resultados dos impactos socioeconômicos são apresentados na Tabela 5.19 considerando-se duas situações: uma em que 90% da produção é feita pela rota metálica e outra em que toda a produção é feita pela rota etílica.

O cenário B1 em 2004, com a produção de 418 milhões de litros de biodiesel, seria atendido com o aproveitamento do sebo bovino gerado em 88,3% da produção do produto “produtos da carne do abate de animais”. Essa produção de biodiesel reduziria em quase 20% a necessidade de importação de óleo diesel mineral naquele ano; a diferença entre a produção de biodiesel e as reduções da importação de óleo diesel – em torno de 108 milhões de litros – é explicada pelo ganho de rendimento da mistura B1 em relação ao B0 (ver Capítulo 4, subseção 4.3.1). Se o rendimento da mistura B1 fosse considerado igual ao do óleo diesel mineral, a produção de biodiesel seria superior à redução das importações de óleo diesel em torno de 4,5 milhões de litros, dado o consumo de óleo diesel em toda a cadeia produtiva associado à atividade do abate de bovinos.

Tabela 5. 19 Impactos de um cenário B1 com produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino

Item	Rota 90% metílica e 10% etílica		Rota etílica	
	Valor	Relativo a 2004	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	418,2	1,07%	418,2	1,07%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	527,4	19,6%	525,3	19,5%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	653,0	0,02%	767,5	0,02%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	105,1	0,067%	115,1	0,073%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	-188,4		-188,4	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	-0,45		-0,45	
PIB (R\$ milhão de 2004)	459,5	0,024%	472,0	0,024%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	1,10		1,13	
Empregos	1.917	0,002%	3.849	0,004%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.598	77,7%	1.210	34,6%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	71,9	0,033%	74,0	0,034%
Energia secundária biodiesel (ktep)	294,5		294,5	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO2 eq)	-1.229	-0,15%	-1.209	-0,14%

Os valores apresentados na Tabela 5.19 mostram que não há diferença significativa nos impactos ao se comparar a rota 90% metílica com a 100% etílica, exceto nos empregos gerados e suas remunerações. No cenário B1, o aproveitamento do sebo bovino para a produção de biodiesel e glicerol aumentaria o valor da produção setorial em R\$ 653 milhões para a rota metílica e em R\$ 768 milhões para a etílica; o aumento no PIB seria em torno de R\$ 465 milhões, sem necessidade de subsidiar a produção de biodiesel. O benefício econômico líquido médio seria de R\$ 1,12/L de biodiesel produzido.

Na rota 90% metílica seriam gerados 1,9 mil empregos com remuneração média mensal de R\$ 1.598, valor 78% maior do que a média nacional em 2004; na rota etílica, devido aos empregos gerados na cadeia produtiva do etanol, seriam criados mais 3,8 mil postos de trabalho, com remuneração mensal média de R\$ 1.210 (35% maior do que a média brasileira em 2004).

A produção desses 418 milhões de litros de biodiesel (295 ktep) requerem um aumento médio de 73 ktep na demanda de energia primária não-renovável, mas trazem uma redução média de 1.220 Gg CO₂ eq nas emissões de GEE em relação a 2004, essencialmente devido à redução do consumo de óleo diesel mineral importado.

5.3.2 Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino – cenário de aproveitamento máximo do sebo animal bovino para produção de biodiesel

Diferentemente do que acontece em relação à soja, devido sua grande produção no país, a quantidade disponível de gordura animal bovina na economia brasileira não permite substituir todo o óleo diesel importado no ano de 2004; então calculou-se em 1,13% a participação máxima de biodiesel (pela rota etílica) obtida a partir de sebo animal bovino em relação à produção de carne da economia em 2004, levando-se em consideração os efeitos diretos e indiretos de toda a cadeia produtiva da economia brasileira. Os resultados dos impactos são apresentados na Tabela 5.20.

O aproveitamento total do sebo bovino tornaria possível a produção de 473 milhões de litros de biodiesel, reduzindo as importações nacionais de óleo diesel mineral em 22,0% no ano de 2004. Nessa condição, haveria um aumento no valor da produção setorial de R\$ 870 milhões, com um aumento no PIB de R\$ 543 milhões, correspondendo a um benefício econômico de R\$ 1,15/L de biodiesel produzido. O aproveitamento do sebo para a produção de biodiesel seria uma forma de agregar mais valor a esse subproduto da cadeia produtiva da carne, gerando mais 4,4 mil empregos (dos quais 1,3 mil na produção de cana-de-açúcar) com remuneração mensal média de R\$ 1.211, valor 34,6% acima da média do país em 2004.

O uso de todo o sebo bovino para produção de biodiesel demandaria um aumento no consumo de energia primária não-renovável no país de 84,0 ktep, mas gerando 333,2 ktep de energia renovável (biodiesel). Considerando todos os efeitos diretos e indiretos na cadeia produtiva, a substituição do óleo diesel mineral importado por biodiesel reduziria as emissões de GEE em 1.366 Gg CO₂ eq.

Tabela 5. 20 Impactos com produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino – cenário de aproveitamento máximo do sebo animal bovino para produção de biodiesel pela rota etílica

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	473,3	1,21%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	593,8	22,0%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	869,7	0,03%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	129,9	0,082%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	-213,2	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	-0,45	
PIB (R\$ milhão de 2004)	543,0	0,028%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	1,15	
Empregos	4.367	0,005%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.211	34,6%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	84,0	0,038%
Energia secundária biodiesel (ktep)	333,2	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-1.366	-0,16%

5.3.3 Impactos com a participação da rota de produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino em 2010 – cenário B0,69 rota metílica

A participação da produção de biodiesel a partir do sebo bovino em 2010, no Brasil, foi de 13,7%, em uma mistura B5 (ANP, 2011); portanto, essa matéria-prima representou, em 2010, uma mistura B0,69. Na Tabela 5.21 são apresentados os impactos de um cenário B0,69 da produção de biodiesel a partir do sebo bovino, em relação ao ano de 2004, supondo-se 90% da produção pela rota metílica e 10% pela rota etílica.

Neste cenário seriam produzidos 287 milhões de litros de biodiesel, requerendo o consumo de 60% do sebo bovino disponível na economia e reduzindo as importações de óleo diesel mineral em 13,5%; a produção de glicerol seria próxima de 80% da demanda doméstica em 2004. Os efeitos diretos e indiretos associados à produção de biodiesel e glicerol resultariam em um aumento do valor da produção setorial de R\$ 445 milhões; somada com a redução das importações de 363 milhões de óleo diesel mineral, haveria um aumento no PIB de R\$ 294 milhões, ou seja, o benefício econômico por litro de biodiesel seria R\$ 1,02. Os empregos gerados neste cenário somariam 1,3 mil postos de trabalho, com remuneração mensal média de R\$ 1.601, uma cifra 78% superior à média brasileira em 2004.

Do ponto de vista energético, a produção desse volume de biodiesel corresponde a uma oferta de 202 ktep de energia secundária renovável, exigindo, para sua produção, 49 ktep de energia primária não-renovável ao longo de toda a cadeia produtiva. Considerando-se o balanço total das emissões de GEE em função da redução do consumo de óleo diesel mineral importado e das emissões de toda a cadeia produtiva, haveria uma redução, em relação ao ano de 2004, de 845 Gg CO₂ eq.

Tabela 5. 21 Impactos da produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino – cenário B0,69
rota 90% metflica e 10% etflica

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	286,7	0,73%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	362,5	13,5%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	444,6	0,01%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	72,5	0,046%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	-129,1	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	-0,45	
PIB (R\$ milhão de 2004)	293,5	0,015%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	1,02	
Empregos	1.289	0,001%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.601	78,1%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	48,8	0,022%
Energia secundária biodiesel (ktep)	201,9	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-845	-0,10%

5.3.4 Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino – indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa

Para o cálculo dos indicadores socioeconômicos, do balanço de energia e das emissões de gases de efeito estufa, foi suposta a rota etflica de produção de biodiesel. Os efeitos diretos e indiretos são considerados em toda a cadeia produtiva, sendo obtidos como produtos o abate e preparação de produtos da carne, o biodiesel, o glicerol e o óleo de soja – este último devido à demanda por farelo de soja na produção de ração, consumida na atividade pecuária.

Os indicadores socioeconômicos da produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino são apresentados na Tabela 5.22, sendo obtidos em função da mistura de biodiesel (de sebo bovino) ao óleo diesel usada na economia; a participação do valor econômico do biodiesel foi usada como critério de alocação para os valores obtidos. Como a produção de biodiesel de sebo bovino está associada à cadeia de produção da carne bovina, observa-se que, para cada litro de biodiesel produzido por essa rota (e os “co-produtos” abate e preparação de produtos da carne, glicerol e óleo de soja), são consumidos pouco mais que 2 litros de óleo diesel em todos os setores da economia quando são computados os efeitos diretos e indiretos. Portanto, os indicadores aqui apresentados são quantificados até a mistura B50, pois, no limite, para cada litro de biodiesel produzido, consome-se esse mesmo litro (adicionado a outro de óleo diesel mineral – B50) na cadeia produtiva.

Os resultados da Tabela 5.22 mostram que as diferenças nos valores dos indicadores de valor da produção e PIB são pequenas quando se leva em consideração o teor de biodiesel misturado ao óleo diesel mineral. Quando não se utiliza biodiesel misturado ao óleo diesel mineral na economia (mistura B0), a produção de cada GJ de biodiesel de sebo requer a produção de R\$ 53,83, enquanto a produção de óleo diesel mineral requer R\$ 48,21 (Tabela 5.6), mostrando que a produção do biocombustível tem maior impacto sobre o nível da atividade setorial agregada. Esse efeito também é percebido quando se avalia o impacto sobre o PIB, sendo o valor do biodiesel 57,3% superior ao óleo diesel mineral.

Tabela 5. 22 Indicadores socioeconômicos da produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino

Indicadores socioeconômicos - base valor econômico				
Mistura	Valor da produção (R\$/GJ)	PIB (R\$/GJ)	Empregos (Qde/TJ)	Remuneração do fator trabalho (R\$/mês/emprego)
B0	53,83	24,35	0,31	1.220,23
B20	53,52	24,40	0,34	1.144,91
B40	54,17	24,46	0,46	978,65
B50	55,67	24,61	0,76	791,57

Os indicadores de emprego gerado e remuneração do fator trabalho apresentam variações mais expressivas em função do teor de biodiesel na mistura ao óleo diesel mineral; o aumento do teor de biodiesel traz um aumento no indicador de empregos e uma redução da remuneração do fator trabalho devido à influência da atividade pecuária, cuja remuneração foi de R\$ 471 em

2004, valor 48% menor em relação à média do país naquele ano. Quando produzido usando somente óleo diesel mineral em toda a cadeia produtiva, o indicador de empregos da produção de biodiesel de sebo é 20,9% superior ao óleo diesel mineral, enquanto a remuneração do fator trabalho é 28,8% inferior à do combustível fóssil, mas 35,7% superior à média brasileira em 2004.

Os indicadores do balanço de energia e de emissões de GEE foram calculados usando-se o valor econômico e a massa dos produtos obtidos como critério de alocação, bem como foi feito o cálculo para a situação sem alocação. Na Tabela 5.23 são exibidos os indicadores do balanço de energia em função da mistura de biodiesel ao óleo diesel até B50; a Figura 5.5 também ilustra os valores desses indicadores.

Os resultados apresentados na Tabela 5.23 mostram que não há diferenças expressivas nos indicadores quando se usa o valor econômico ou a massa dos produtos como critério de alocação. Quando produzido na situação B0, o balanço energético é em torno de quatro (4); sem usar alocação, o balanço obtido apresenta o valor de 0,187, o que, naturalmente, não pode ser levado em consideração dado que o sebo bovino é um produto obtido como resíduo da produção de carne, e, sendo assim, não faz sentido atribuir todo o consumo de energia da cadeia produtiva da carne ao sebo, usado como matéria-prima na produção de biodiesel.

Tabela 5. 23 Balanço energético da produção verticalizada de biodiesel a partir de sebo bovino

Balanço Energético			
Mistura	Sem alocação	Valor econômico	Massa
B0	0,187	3,85	4,14
B20	0,137	3,96	4,24
B40	0,066	4,23	4,49
B50	0,024	5,00	5,03

Na Figura 5.5 pode-se observar o aumento dos valores dos indicadores, em função do aumento do teor de biodiesel na mistura, usando-se o valor econômico e a massa como critérios de alocação; a derivada é positiva com o teor da mistura porque a participação do glicerol em relação ao biodiesel obtido é cada vez maior com o aumento da mistura. Na mistura B50, o

balanço obtido, sem alocação, já se aproxima de zero, uma vez que o biodiesel “líquido” obtido também se aproxima de zero.

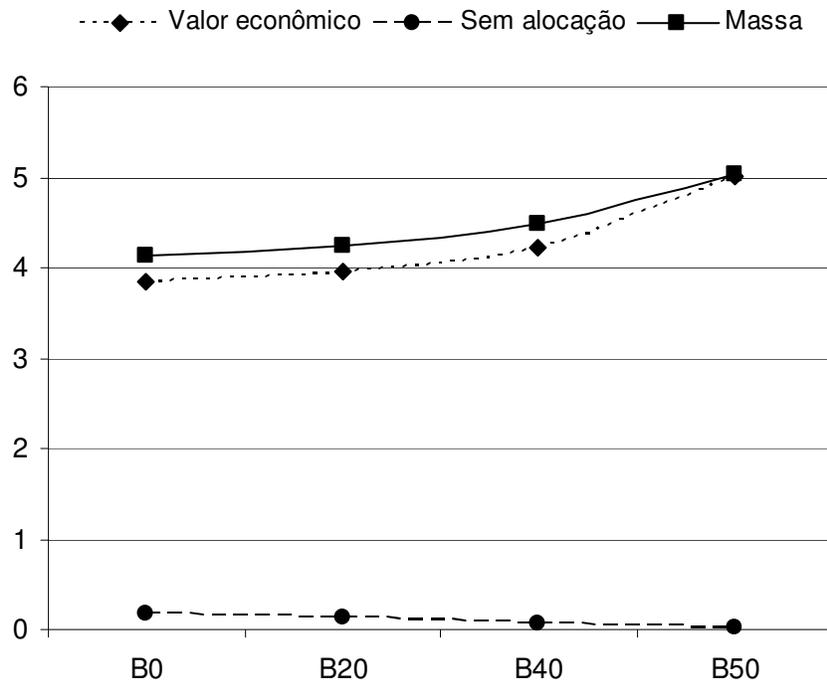


Figura 5. 5 Balanço energético da produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino

Os resultados dos indicadores de emissões de GEE são apresentados na Tabela 5.24 e na Figura 5.6. Na situação B0, que pode ser considerada a mais razoável em termos práticos, o biodiesel produzido a partir de sebo bovino apresenta uma redução de 71,1% das emissões de GEE em relação ao óleo diesel mineral, usando-se o valor econômico dos produtos obtidos como critério de alocação. Do ponto de vista acadêmico, é interessante notar que essa redução decresce com o aumento do teor de biodiesel de sebo na mistura, de forma oposta ao observado nas rotas de produção a partir da soja (ver subseções 5.1.5 e 5.2.5). O motivo para isso é que, ao se olhar para toda a cadeia produtiva da economia, quando se aumenta o teor de biodiesel na mistura, a quantidade de biodiesel “líquido” resultante diminui, enquanto as emissões da planta de biodiesel continuam praticamente as mesmas; na situação próxima ao limite, quando se considera o uso na cadeia produtiva de uma mistura pouco maior à B50, a quantidade “líquida” de biodiesel seria muito pequena, resultando em um indicador de emissões até superior ao óleo diesel mineral.

Tabela 5. 24 Balanço de emissões de GEE da produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino

Mistura	Emissões de GEE (gCO ₂ eq/MJ)				Participação emissões (CO ₂ eq)		
	Sem alocação	Valor econômico	Massa	Red. emis. relativas ao diesel mineral (crit. valor econ.)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
B0	15.335	25,77	23,85	71,1%	92,1%	3,0%	4,9%
B20	23.270	28,56	55,32	67,9%	81,0%	10,7%	8,3%
B40	53.575	38,52	145,67	56,7%	56,1%	27,9%	16,0%
B50	155.956	64,31	309,94	27,8%	28,0%	47,3%	24,7%

Na Tabela 5.24 e na Figura 5.6 pode-se observar, também, a importância das participações dos gases CO₂, CH₄ e N₂O nas emissões de GEE. Na situação B0, a predominância do CO₂ deve-se principalmente às emissões da queima de óleo combustível na planta de transesterificação; o crescimento das participações do metano e do óxido nítrico com o aumento do teor de biodiesel de sebo na mistura (com valores mais acentuados quando se aproxima da situação B50) são explicados pelo aumento da participação das emissões na atividade pecuária em relação ao total.

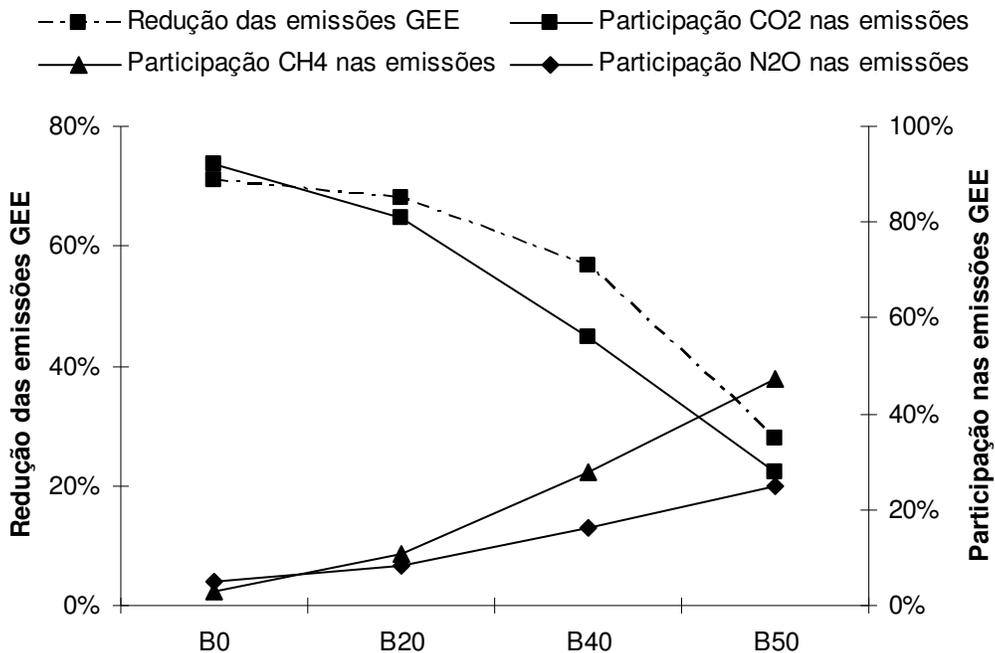


Figura 5. 6 Aumento das emissões de GEE do biodiesel de sebo bovino em relação ao diesel mineral e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura

5.4 Produção de biodiesel a partir de óleo de algodão

Nesta rota tecnológica de produção de biodiesel o setor produtor de biodiesel utiliza o óleo do caroço de algodão, recebendo o óleo bruto vegetal do setor produtor de óleo que esmaga o caroço de algodão; também são obtidos a torta e o bagaço que são aproveitados para a produção de ração animal. Esta cadeia produtiva está associada à cadeia produtiva do algodão, cujo produto principal é a pluma (fibra do algodão), que é destinada ao setor têxtil ou para exportação.

5.4.1 Produção de biodiesel a partir de óleo de algodão – cenário B1

Neste cenário admite-se aumentar a produção de algodão (trazendo, porventura, a necessidade da expansão da fronteira agrícola) para dispor o caroço necessário para a produção de óleo vegetal, gerando, ainda, uma quantidade adicional de fibra de algodão e de torta e farelo do caroço de algodão. Na Tabela 5.25 são apresentados os impactos socioeconômicos de um cenário B1 desta alternativa, de tal modo que o biodiesel produzido substitui a parte correspondente de óleo diesel mineral importado; duas situações são consideradas: uma com 90% da produção de biodiesel pela rota metílica, e outra supondo-se 100% da produção pela rota etílica . Os resultados das simulações mostraram que, no cenário B1, a produção de glicerol a partir do biodiesel seria suficiente para atender toda a demanda doméstica – como ocorrido nas rotas a partir da soja e do sebo bovino, apresentadas anteriormente; sendo assim, a demanda final por glicerol foi feita exógena para dar conta de um possível excesso de glicerol.

Para atender o cenário B1, a produção de algodão no Brasil teria de aumentar 80,7% em relação a 2004; esse aumento forneceria a quantidade de caroço de algodão suficiente para a produção do óleo de algodão, aumentando, também, a quantidade de algodão em pluma (fibra de algodão) que poderia ser destinada à indústria têxtil ou ao mercado externo. A produção de biodiesel seria de 420 milhões de litros, reduzindo as importações de óleo diesel mineral em torno de 330 milhões de litros, mesmo com o aumento do consumo de óleo diesel na economia devido, principalmente, ao aumento da produção de algodão. Sem o ganho de eficiência da mistura B1 (ganho de 0,3%; ver Capítulo 4, subseção 4.3.1), a redução da importação de óleo diesel mineral seria de 220 milhões de litros.

Tabela 5. 25 Impactos de um cenário B1 com produção de biodiesel a partir de óleo de caroço de algodão

Item	Rota 90% metilica e 10% etilica		Rota etilica	
	Valor	Relativo a 2004	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	420,2	1,07%	420,2	1,07%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	326,3	12,1%	332,4	12,3%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	9.961,6	0,29%	9.698,5	0,28%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-55,0	-0,035%	-78,0	-0,050%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	535,4		553,2	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,27		1,32	
PIB (R\$ milhão de 2004)	3.434,1	0,177%	3.328,7	0,171%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	8,17		7,92	
Empregos	134.114	0,152%	130.663	0,148%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	724	-19,5%	726	-19,3%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	302,6	0,138%	292,9	0,134%
Energia secundária biodiesel (ktep)	295,9		295,8	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO2 eq)	904	0,11%	828	0,10%

Na Tabela 5.25, observa-se, em geral, que não há diferenças significativas nos impactos comparando-se a rota metilica com a etilica. A redução nas importações de óleo diesel mineral, em relação a 2004, seria de 12,2% em média; além da produção de biodiesel e glicerol, os aumentos da produção de torta de algodão (devido à produção do óleo de caroço de algodão) e algodão em pluma trariam um aumento no valor da produção setorial entre R\$ 9,7 bilhões e R\$ 10,0 bilhões, dados os efeitos diretos e indiretos na cadeia produtiva. O aumento do PIB setorial seria entre R\$ 3,3 bilhões e R\$ 3,4 bilhões, mesmo com a necessidade de subsidiar a produção de biodiesel ao redor de R\$ 540 milhões. O aumento no PIB representaria, por litro de biodiesel produzido, um benefício econômico médio de R\$ 8,05, explicado, evidentemente, pela produção de produtos com valor agregado que acompanham a produção de biodiesel (algodão em pluma e torta de caroço de algodão).

A produção de biodiesel e dos produtos desse cenário geraria, em média, 132,4 mil novos empregos em toda a cadeia produtiva, dos quais 51% estão na produção de algodão e somente 285 estão na produção do biodiesel; o número de empregos gerados pela rota metílica é superior, principalmente, porque essa rota usa 4,6% mais óleo vegetal, demandando uma produção maior de algodão. Os pouco mais de 130 mil empregos gerados no cenário B1 de produção teriam uma remuneração mensal média 19,4% inferior à média nacional em 2004, dado que a remuneração mensal média do fator trabalho na produção de algodão em 2004 foi 46% inferior à média do país.

A energia secundária produzida como biodiesel seria próxima de 296 ktep, demandando praticamente o aumento do mesmo valor de energia primária não renovável; entretanto, vale chamar à atenção que essa produção de biodiesel é acompanhada de um aumento de 8,1% no valor da produção de torta, bagaço e farelo de soja em relação a 2004, bem como um aumento de 80,7% na produção de algodão (caroço de algodão e algodão em pluma). Como a redução da importação de óleo diesel mineral não é tão acentuada como nos cenários B1 apresentados para o biodiesel de soja (ao redor de 515 milhões de litros – ver subseções 5.1.1 e 5.2.1), dada a expansão em quase 81% da produção de algodão, haveria um aumento médio das emissões de GEE de 866 Gg CO₂eq em relação a 2004, explicada, em sua maior parte, pelas emissões de N₂O no cultivo do algodão.

5.4.2 Impactos com a participação da rota de produção de biodiesel de óleo de algodão em 2010 – cenário B0,12 rota metílica

Em 2010, 2,4% do biodiesel foi obtido a partir do óleo de caroço de algodão, de uma produção total B5 (ANP, 2011); logo, o óleo de caroço de algodão representou uma mistura B0,12 naquele ano. Os impactos de um cenário B0,12 a partir do óleo de algodão em relação a 2004, supondo-se a produção de biodiesel ser 90% a partir da rota metílica e 10% da rota etílica, são mostrados na Tabela 5.26.

Em relação ao ano de 2004, a produção de biodiesel neste cenário seria de 50,3 milhões de litros, trazendo uma redução de apenas 1,5% das importações de óleo diesel. Essa produção de biodiesel seria atingida com um aumento de 10,1% da produção de algodão e de 1,0% no valor da produção de torta, bagaço e farelo de soja. O resultado final, considerando-se todos os efeitos diretos e indiretos da cadeia produtiva, resultaria em um aumento no valor da produção setorial

de R\$ 1,2 bilhão, do qual as produções de algodão (caroço de algodão e algodão em pluma), óleo de algodão e torta de algodão respondem por 58% do total. O acréscimo no PIB setorial seria de R\$ 352 milhões, mesmo com os subsídios de R\$ 64 milhões necessários à atividade de produção de biodiesel, resultando em um benefício econômico de R\$ 7,00/L de biodiesel produzido.

Tabela 5. 26 Impactos da produção de biodiesel de óleo de algodão – cenário B0,12 rota metálica

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	50,3	0,13%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	39,6	1,5%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	1.191,2	0,03%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-6,4	-0,004%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	64,2	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,28	
PIB (R\$ milhão de 2004)	352,2	0,018%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	7,00	
Empregos	16.047	0,018%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	723	-19,6%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	36,0	0,016%
Energia secundária biodiesel (ktep)	35,4	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	107	0,01%

O número de empregos gerados seria pouco expressivo, atingindo 16,0 mil postos de trabalho, sendo 52% deles na produção de algodão. A remuneração mensal média desses novos empregos seria de R\$ 723, valor 19,6% abaixo da média de 2004, e como explicado na subseção 5.4.1, devido ao fato dos empregos na cultura do algodão apresentarem remuneração mensal média 46% inferior à média brasileira no ano de 2004.

Ainda que neste cenário se observe uma redução das importações de óleo diesel mineral, o aumento de 10,1% da atividade de produção de algodão traria um pequeno aumento nas emissões de GEE de 107 Gg CO₂ eq das emissões de GEE, explicado, em sua maior parte, pelas emissões de N₂O no cultivo do algodão.

5.4.3 Produção de biodiesel a partir do óleo de algodão – indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa

Os indicadores socioeconômicos, do balanço de energia e de emissões de GEE nesta rota de produção de biodiesel foram quantificados supondo-se a rota etílica, como feito anteriormente para as rotas de produção a partir da soja e do sebo bovino (subseções 5.1.5, 5.2.5 e 5.3.4). São levados em consideração os efeitos diretos e indiretos associados à cadeia produtiva do biodiesel a partir do óleo de caroço de algodão, bem como os “co-produtos” obtidos ao longo da cadeia, a saber, o glicerol a fibra de algodão (algodão em pluma) e a torta, bagaço e farelo do caroço de algodão.

Os indicadores socioeconômicos da produção de biodiesel a partir do óleo de algodão são apresentados na Tabela 5.27, em função da mistura de biodiesel (de óleo de algodão) ao óleo diesel usada na economia, sendo adotada a participação do valor econômico e da massa do biodiesel em relação aos produtos produzidos como critério de alocação, bem como sem alocação.

Tabela 5. 27 Indicadores socioeconômicos da produção de biodiesel a partir do óleo de algodão

Indicadores socioeconômicos - base valor econômico				
Mistura	Valor da produção (R\$/GJ)	PIB (R\$/GJ)	Empregos (Qde/TJ)	Remuneração do fator trabalho (R\$/mês/emprego)
B0	168,02	17,64	1,70	857,39
B20	165,88	17,88	1,68	854,34
B40	168,10	17,84	1,70	851,66
B60	170,74	17,76	1,74	848,93
B80	174,27	17,64	1,79	846,11
B100	184,35	17,12	1,91	842,99

Como ocorrido nas rotas de produção de biodiesel a partir da soja (subseções 5.1.5 e 5.2.5), os indicadores da Tabela 5.27 apresentam pequena variação em função do teor de biodiesel misturado ao óleo diesel mineral. Na situação B0 (uso de óleo diesel mineral puro na cadeia produtiva), cada GJ produzido de biodiesel requer a produção de R\$ 168,02, enquanto a produção de óleo diesel mineral requer R\$ 48,21 (Tabela 5.6), mostrando que a produção de biodiesel por esta rota tem, como nas outras já avaliadas, maior impacto sobre o nível da atividade setorial agregada. Isso ocorre, também, com o indicador do impacto sobre o PIB, sendo o valor do biodiesel de óleo de algodão 14,0% maior que o do óleo diesel mineral. Comparado ao óleo diesel mineral, a maior diferença diz respeito ao indicador de empregos gerados, para o qual o biodiesel de óleo de caroço de algodão apresenta um valor 4,7 vezes maior do que o do combustível fóssil. Como o indicador de emprego é predominantemente influenciado pelo setor agrícola (no caso, a produção de algodão), o indicador de remuneração do fator trabalho associado ao combustível renovável é metade do valor do óleo diesel mineral, e 4,7% inferior à média do país em 2004.

A Tabela 5.28, bem como a Figura 5.7, mostram os indicadores do balanço de energia e de emissões de GEE em função do teor de biodiesel misturado ao óleo diesel; os valores obtidos foram quantificados em relação aos critérios de alocação em valor econômico e em massa considerando-se a produção dos produtos biodiesel, glicerol em bruto, torta, bagaço e farelo de caroço de algodão e algodão em pluma. O critério de alocação baseado no conteúdo energético desses produtos não foi levado em consideração, uma vez que não faz sentido considerar o conteúdo energético do algodão em pluma.

Tabela 5. 28 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de algodão

Balanço Energético			
Mistura	Sem alocação	Valor econômico	Massa
B0	0,60	2,03	2,58
B20	0,61	2,17	2,75
B40	0,60	2,23	2,84
B60	0,57	2,30	2,94
B80	0,54	2,37	3,04
B100	0,46	2,35	3,07

As diferenças entre os valores, para cada mistura de biodiesel apresentados na Tabela 5.28, mostram a importância do critério de alocação em relação aos valores obtidos. Na situação B0, o indicador com base na massa pode ser interpretado da seguinte forma: para se dispor de 2,58 unidades de energia renovável de biodiesel de óleo de algodão, toda a cadeia produtiva da economia necessita de uma unidade de energia primária não-renovável para produzi-lo; esse indicador, para o óleo diesel mineral, foi quantificado em 0,86 (ver Tabela 5.6), e para a rota a partir do óleo de soja em 2,82.

A influência do teor de biodiesel de óleo de algodão sobre o próprio balanço de energia pode ser vista na Figura 5.7. Na situação hipoteticamente mais favorável, em que o B100 seria usado em toda a cadeia produtiva da economia, os aumentos nos indicadores do balanço energético em relação à situação em que na cadeia produtiva de biodiesel se usasse somente óleo diesel mineral, seriam de 15,9% e 19,1%, respectivamente, para a alocação em valor econômico e em massa.

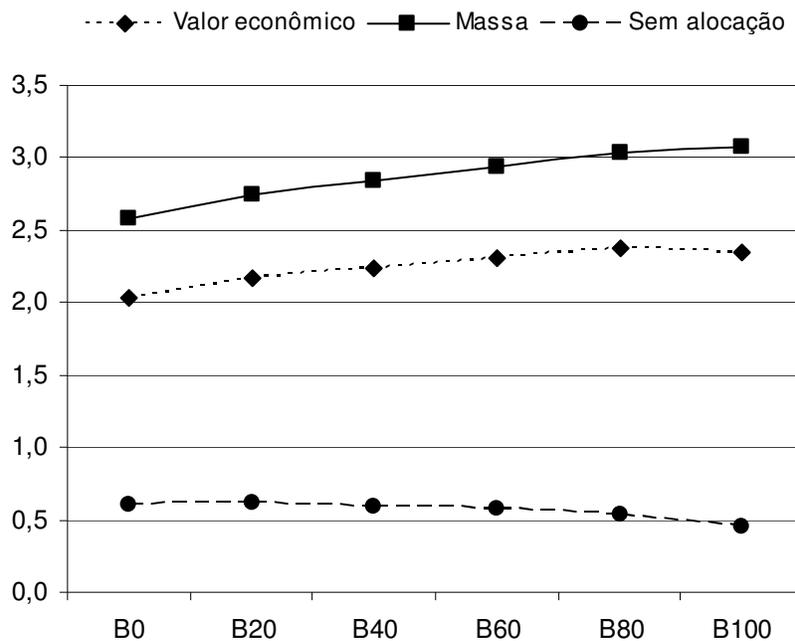


Figura 5. 7 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de algodão

Os indicadores obtidos de emissões de GEE são mostrados na Tabela 5.29 e na Figura 5.8. As emissões de GEE diminuem com o aumento da participação de biodiesel até a mistura B80, quando do emprego de critérios de alocação, fato também observado para o biodiesel obtido a partir do óleo de soja; na comparação das situações extremas – produção de biodiesel usando B100 e produção usando B0 –, a redução do indicador é de 6,6% para o critério de alocação em valor econômico e 10,2% para o critério em massa. A redução das emissões em relação ao óleo diesel mineral, quando o valor econômico foi usado como critério de alocação, varia entre 42,7% a 47,9%; na rota a partir de óleo de soja, as reduções variam entre 42,0% a 46,3% (ver subseção 5.2.5), sendo, portanto, muito próximas.

Tabela 5. 29 Balanço de emissões de GEE da produção de biodiesel a partir do óleo de algodão

Mistura	Emissões de GEE (gCO ₂ eq/MJ)				Participação emissões (CO ₂ eq)		
	Sem alocação	Valor econômico	Massa	Red. emis. relativas ao diesel mineral (crit. valor econ.)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
B0	189,12	51,02	39,11	42,7%	70,3%	5,6%	24,0%
B20	192,13	48,63	37,23	45,4%	69,2%	5,8%	24,9%
B40	203,37	47,75	36,41	46,4%	68,1%	6,0%	25,9%
B60	218,65	46,95	35,60	47,3%	66,8%	6,2%	27,0%
B80	241,61	46,37	34,87	47,9%	65,5%	6,4%	28,1%
B100	300,31	47,68	35,11	46,4%	63,9%	6,7%	29,4%

Um aumento da participação do biodiesel na mistura com o óleo diesel mineral reduziria o consumo de óleo diesel mineral na fase agrícola dos cultivos do algodão e da cana-de-açúcar, trazendo um aumento relativo das emissões de CH₄ e N₂O provenientes dessas culturas, inclusive por seus aumentos de produção (maior quantidade de caroço de algodão e etanol para a produção do biodiesel). As participações do CO₂, CH₄ e N₂O nas emissões de GEE podem ser vistas na Tabela 5.29 e na Figura 5.8.

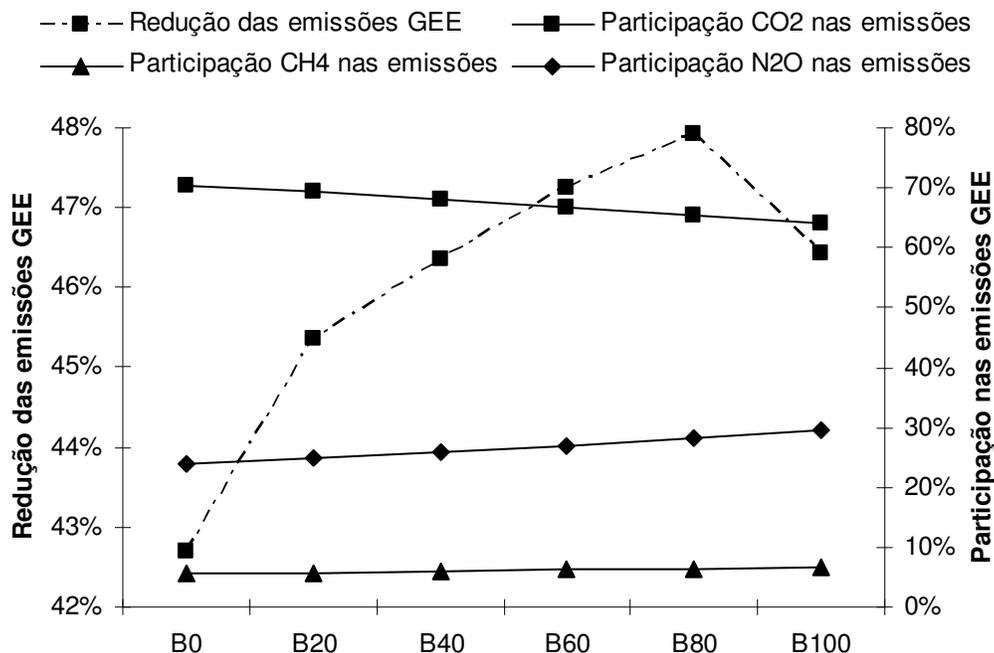


Figura 5. 8 Redução das emissões de GEE do biodiesel de óleo de algodão em relação ao diesel mineral e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura

5.5 Produção de biodiesel a partir de óleo de girassol familiar

Nessa rota tecnológica de produção de biodiesel o setor produtor utiliza o óleo de girassol, que, por sua vez, é admitido ser produzido por cooperativas de agricultores familiares, de acordo com o arranjo produtivo descrito no trabalho realizado por Evangelista Júnior (2009), e que está apresentado, sucintamente, na subseção 4.3.8 do Capítulo 4.

5.5.1 Produção de biodiesel a partir de óleo de girassol familiar – cenário B1

Em 2009, a participação da agricultura familiar na produção de matéria-prima para o biodiesel foi 20%, sendo a soja responsável por 90% dessa quantidade, com origem na agricultura familiar da região Sul (UBRABIO, 2010). Admitindo-se a mesma participação da agricultura familiar (20%) da mistura B5 em 2010, pode-se considerar que, em termos do fornecimento de matéria-prima, a agricultura familiar (quase toda representada pela cultura da soja na região Sul do país) representou uma mistura B1 em 2010. É importante salientar que o arranjo produtivo dos agricultores familiares da região Sul do país é completamente distinto daquele observado nas regiões Norte e Nordeste do país – regiões menos favorecidas em termos

socioeconômicos –, na qual os agricultores são dotados de melhores condições técnicas e de infra-estrutura (EVANGELISTA JÚNIOR, 2009).

Nesta subseção é feita uma avaliação dos impactos socioeconômicos de um cenário B1 da produção de biodiesel no país, em relação ao ano de 2004, supondo-se o fornecimento de óleo vegetal (óleo de girassol) a partir de uma estrutura de cooperativas de agricultores familiares existente na região denominada como Território do Mato Grande, composta por 15 municípios (dos quais 12 fazendo parte do semi-árido nordestino) localizados no estado do Rio Grande do Norte. Além do biodiesel, fazem parte dos produtos obtidos na cadeia produtiva o glicerol e a torta, bagaço e farelo do caroço de girassol.

Os resultados dos impactos deste cenário são apresentados na Tabela 5.30, considerando-se duas situações: uma em que 90% do biodiesel é produzido pela rota metálica e outra em que 100% é obtido a partir da rota etílica. O volume necessário de biodiesel a ser produzido, em função dos efeitos diretos e indiretos da cadeia produtiva, é de 418,8 milhões de litros nas duas situações. A produção de biodiesel é em torno de 50 milhões de litros inferior à redução das importações de óleo diesel em função do ganho de eficiência (0,3% na mistura B1) ao se adicionar biodiesel ao óleo diesel mineral (ver Capítulo 4, subseção 4.3.1); se não houvesse esse ganho, a produção de biodiesel seria 63 milhões de litros superior à redução das importações de óleo diesel em 2004.

Considerando-se a comparação entre a produção de biodiesel realizada 90% pela rota metálica e 100% pela rota etílica, os resultados apresentados na Tabela 5.30 mostram que os impactos são muito próximos. A redução nas importações de óleo diesel mineral seria de 17,4%, e a produção de biodiesel traria um aumento da produção de torta, bagaço e farelo de girassol de 3,3% em relação ao correspondente à soja. Considerando-se todos os efeitos diretos e indiretos gerados na cadeia produtiva, haveria um aumento no valor da produção setorial de R\$ 2,8 bilhões em relação a 2004, com um acréscimo médio de R\$ 934,3 milhões no PIB setorial – um benefício econômico médio de R\$ 2,23/L de biodiesel produzido – mesmo com a necessidade de subsídio à produção de biodiesel de R\$ 517,7 milhões (R\$ 1,24/L de biodiesel).

Tabela 5. 30 Impactos de um cenário B1 com produção de biodiesel a partir de óleo de girassol de agricultura familiar

Item	Rota 90% metílica e 10% etílica		Rota etílica	
	Valor	Relativo a 2004	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	418,8	1,07%	418,8	1,07%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	467,2	17,3%	467,7	17,4%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	2.768,7	0,08%	2.792,6	0,08%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-323,8	-0,206%	-336,0	-0,213%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	508,3		527,1	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,21		1,26	
PIB (R\$ milhão de 2004)	937,2	0,048%	931,4	0,048%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	2,24		2,22	
Empregos	592.384	0,671%	570.713	0,647%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	116	-87,1%	119	-86,8%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	150,2	0,069%	146,7	0,067%
Energia secundária biodiesel (ktep)	294,9		294,9	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO2 eq)	-902	-0,11%	-906	-0,11%

O grande impacto seria observado na geração de 582 mil empregos, explicada, essencialmente, pela geração de 553 mil empregos na atividade de produção familiar de óleo de girassol, que é extremamente intensiva no uso da mão-de-obra, porém, com baixa remuneração, como descrito no trabalho de Evangelista Júnior (2009). O número de empregos gerados na rota metílica é superior ao da rota etílica devido à necessidade de se usar mais óleo vegetal para a produção de biodiesel na rota metílica (OLIVÉRIO et al. 2008); os empregos gerados na produção de etanol e cana-de-açúcar na rota etílica seriam 1.500, número bem inferior aos empregos que seriam “perdidos” na atividade de produção de óleo de girassol na rota etílica. Em ambas as rotas, a remuneração mensal média do fator trabalho, considerando-se os empregos gerados em todos os setores, seria pouco inferior a R\$ 120 – valor 87% inferior à média brasileira

em 2004 –, explicada pelo valor da remuneração mensal média do fator trabalho em R\$ 93 da atividade de produção familiar de óleo girassol.

Do ponto de vista energético, nesses cenários B1, seriam produzidos 295 ktep de biodiesel, sendo necessária a utilização média de 148 ktep de energia primária não-renovável em toda a cadeia produtiva (que é usada, também, para a produção dos produtos glicerol e torta, bagaço e farelo de girassol). Mesmo com o aumento do consumo de energia primária não-renovável haveria uma redução média das emissões de GEE de 904 Gg CO₂ eq em relação a 2004, explicada, em sua maior parte, pela queda das emissões de 1.355 Gg CO₂ eq devido à redução das importações (e queima) de 467,4 milhões de litros de óleo diesel mineral.

5.5.2 Produção de biodiesel a partir de óleo de girassol da agricultura familiar – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral

Dado que as diferenças nos impactos da produção de biodiesel pela rota de produção a partir o óleo de girassol de agricultura familiar são pequenos (ver subseção anterior – 5.5.1), considerando-se as rotas metílica e etílica, a simulação nesta subseção, para avaliar um cenário de substituição total das importações de óleo diesel mineral em 2004, é feita supondo-se a rota etílica de produção.

A substituição total das importações de óleo diesel seria alcançada com uma mistura B6,04, ainda que a importação de óleo diesel mineral em 2004 tenha alcançado 6,4% (EPE, 2010), efeito, novamente, do aumento do rendimento da mistura biodiesel-óleo diesel mineral em relação ao óleo diesel mineral. Os impactos deste cenário de redução total das importações de óleo diesel mineral em relação a 2004 são mostrados na Tabela 5.31.

A produção de biodiesel seria de 2,52 bilhões de litros, gerando um aumento de 20,1% da produção de torta, bagaço e farelo de girassol em relação ao produto correspondente da soja e de 1.455% da produção de glicerol em relação a 2004. Os resultados apresentados na Tabela 5.31 são relativamente próximos da proporcionalidade em relação à quantidade de biodiesel produzido no cenário B1 da Tabela 5.30, mas não exatamente, dado o efeito não linear da redução de consumo da mistura biodiesel e óleo diesel mineral em relação ao óleo diesel mineral, como também o efeito do aumento do consumo de óleo diesel para produzir biodiesel quando se considera toda a cadeia produtiva (por exemplo, o consumo de óleo diesel para a fase agrícola da produção de girassol).

Tabela 5. 31 Impactos da produção de biodiesel a partir do óleo de girassol de agricultura familiar (rota etflica) – cenário de substituição de toda a importação de óleo diesel mineral

Item	Valor	Relativo a 2004
Produção de biodiesel (ML)	2.520,0	6,42%
Redução da importação de óleo diesel (ML)	2.693,7	100,0%
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	16.786,1	0,49%
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-2.091,5	-1,329%
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	3.148,7	
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,25	
PIB (R\$ milhão de 2004)	5.864,2	0,302%
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	2,33	
Empregos	3.434.381	3,892%
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	119	-86,8%
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	889,7	0,406%
Energia secundária biodiesel (ktep)	1.774,3	
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO ₂ eq)	-5.208	-0,61%

Dos impactos gerados neste cenário de substituição completa das importações de óleo diesel mineral em 2004, destacam-se o aumento na produção setorial de R\$ 16,8 bilhões (sendo a produção de óleo de girassol familiar responsável por 44,7%), a elevação do PIB setorial em R\$ 5,9 bilhões – mesmo com a necessidade de subsídios de R\$ 3,1 bilhões –, resultando um benefício econômico líquido de R\$ 2,33/L de biodiesel produzido. Seriam gerados 3,4 milhões de empregos em toda a cadeia produtiva, dos quais a imensa maioria (96,9%) na atividade de produção de óleo de girassol familiar; entretanto, como já destacado na análise do cenário B1

desta rota (subseção 5.5.1), a remuneração mensal média do fator trabalho seria muito menor em relação à média do país em 2004, apresentando uma redução de 86,9%.

A produção de biodiesel, glicerol e torta, bagaço e farelo de girassol no cenário de substituição completa das importações de óleo diesel demandaria um aumento do consumo de energia primária não-renovável na economia de 890 ktep; a energia secundária de biodiesel produzida seria de 1.774 ktep. A redução total das emissões de GEE, dada a substituição do consumo de óleo diesel mineral importado por biodiesel, alcançaria o valor de 5.208 Gg CO₂ eq, ou seja, uma redução de 0,61% em relação às emissões totais do país, exceto aquelas decorrentes da mudança do uso da terra, em 2004.

5.5.3 Produção de biodiesel a partir do óleo de girassol de agricultura familiar – indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa

A simulação para o cálculo dos indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de GEE foi feita supondo-se a rota ética de produção de biodiesel. São considerados todos os efeitos diretos e indiretos associados à produção de biodiesel de óleo de girassol obtido a partir de cooperativas de agricultores familiares, bem como dos co-produtos obtidos – glicerol e torta, bagaço e farelo do caroço de girassol.

Os indicadores socioeconômicos da produção de biodiesel, apresentados na Tabela 5.32, foram quantificados em função da mistura de biodiesel ao óleo diesel usada na economia, sendo adotada a participação do valor econômico do biodiesel como critério de alocação para os valores obtidos.

Tabela 5. 32 Indicadores socioeconômicos da produção de biodiesel a partir do óleo de girassol de agricultura familiar

Indicadores socioeconômicos - base valor econômico				
Mistura	Valor da produção (R\$/GJ)	PIB (R\$/GJ)	Empregos (Qde/TJ)	Remuneração do fator trabalho (R\$/mês/emprego)
B0	136,32	19,06	22,64	127,14
B20	134,67	19,28	22,41	126,76
B40	136,48	19,24	22,89	126,43
B60	138,71	19,18	23,46	126,09
B80	141,84	19,07	24,22	125,76
B100	150,85	18,58	26,24	125,42

Os resultados da Tabela 5.32 mostram que as diferenças dos indicadores são pequenas quando se leva em consideração o teor de biodiesel misturado ao óleo diesel mineral, como observado, também, para as rotas a partir da soja e do óleo de caroço de algodão (ver subseções 5.1.5, 5.2.5 e 5.4.3). Na situação B0, cada GJ produzido de biodiesel a partir do óleo de girassol requer a produção de R\$ 136,32, levando-se em conta os efeitos diretos e indiretos da cadeia produtiva, enquanto a produção de óleo diesel mineral requer R\$ 48,21 (Tabela 5.6). O impacto sobre o PIB por GJ de biodiesel produzido é superior ao óleo diesel mineral em 23,2%. Entretanto, a maior diferença em relação ao diesel mineral diz respeito ao indicador de empregos gerados, uma vez que o resultado associado à produção de biodiesel a partir do óleo de girassol é quase 90 vezes o valor do combustível fóssil, dada a grande intensidade em que a mão-de-obra é usada no cultivo do girassol. Como apontado na análise do cenário B1 da rota de biodiesel de girassol (subseção 5.4.1), o uso intensivo da mão-de-obra na fase agrícola está relacionado a uma baixa remuneração do fator trabalho por emprego gerado; no caso, o indicador da remuneração média mensal do fator trabalho na produção de biodiesel de óleo de girassol é 92,6% inferior ao do óleo diesel mineral e 85,9% inferior à média do país em 2004.

Os resultados dos indicadores do balanço de energia e de emissões de GEE do biodiesel produzido a partir do óleo de girassol familiar são apresentados na Tabela 5.33 e na Figura 5.9 em função do teor de biodiesel misturado ao óleo diesel. Os valores foram obtidos para os critérios de alocação em valor econômico, em massa e em conteúdo energético, considerando-se

a produção dos produtos biodiesel, glicerol em bruto e torta, bagaço e farelo de semente de girassol. Os indicadores foram calculados, também, sem alocação.

Tabela 5. 33 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de girassol de agricultura familiar

Balanço Energético				
Mistura	Sem alocação	Valor econômico	Massa	Energia
B0	1,42	2,07	2,68	2,13
B20	1,51	2,20	2,84	2,26
B40	1,55	2,26	2,91	2,33
B60	1,59	2,32	2,97	2,39
B80	1,63	2,37	3,02	2,45
B100	1,58	2,31	2,96	2,41

Para cada mistura de biodiesel de óleo de girassol ao óleo diesel mineral é possível notar o quanto o critério de alocação adotado influencia os valores do balanço energético obtidos para a produção de biodiesel. Quando obtido a partir da mistura B0, em termos da alocação em massa, o biodiesel obtido a partir da cadeia produtiva baseada na agricultura familiar apresenta um valor (2,68) que é 3,1 vezes o valor do balanço energético da produção do óleo diesel mineral, e 5,0% inferior ao balanço obtido na produção de biodiesel a partir do óleo de soja. Na Figura 5.9 pode-se observar, também, a influência do teor de biodiesel sobre o balanço de energia na produção de biodiesel a partir do óleo de girassol. Na situação hipotética onde toda a cadeia de produção de biodiesel também utilizasse biodiesel a partir do óleo de girassol (B100), o aumento no indicador do balanço energético em relação à situação em que na cadeia produtiva de biodiesel só se usasse óleo diesel mineral seria de 10,5% quando da alocação em massa. A Figura 5.9 exibe o mesmo padrão daqueles que foram obtidos para as rotas a partir do óleo de soja e do óleo de caroço de algodão (Figura 5.3 e 5.7, respectivamente), sendo atingidos os valores máximos na mistura B80 em função da queda do consumo volumétrico do B100 comparado ao B0 (ver subseção 4.3.1, Capítulo 4).

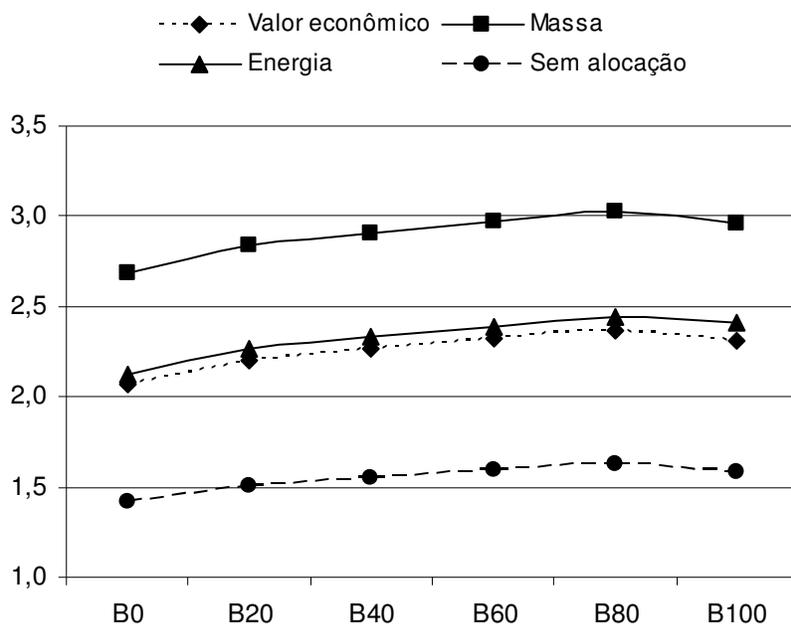


Figura 5.9 Balanço energético da produção de biodiesel a partir do óleo de girassol

Os resultados dos indicadores de emissões de GEE são exibidos na Tabela 5.34 e na Figura 5.10; nota-se que as emissões de GEE diminuem com o aumento da participação de biodiesel até a mistura B80. A redução das emissões em relação ao óleo diesel mineral, quando o valor econômico é o critério de alocação, varia entre 57,5% a 62,7%. Esses valores são superiores aos obtidos para a produção de biodiesel a partir do óleo de soja, cujas reduções encontram-se entre 42,0% a 46,3% em função do teor de biodiesel na mistura. A razão para isso é que não foram associadas, neste trabalho, emissões de CH₄ e N₂O no cultivo familiar do girassol pela queima de resíduos e pelo uso de fertilizantes; essas emissões foram consideradas para a soja e para a cana-de-açúcar, em função dos dados disponíveis para essas culturas na Segunda Comunicação Nacional do Brasil (BRASIL, MCT, 2010).

Tabela 5. 34 Balanço de emissões de GEE da produção de biodiesel a partir do óleo de girassol de agricultura familiar

Mistura	Emissões de GEE (gCO ₂ eq/MJ)					Participação emissões (CO ₂ eq)		
	Sem alocação	Valor econômico	Massa	Energia	Red. emis. relativas ao diesel mineral (crit. valor econ.)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
B0	51,09	37,87	30,82	36,67	57,5%	92,3%	3,0%	4,7%
B20	47,99	35,78	29,30	34,63	59,8%	92,0%	3,1%	4,9%
B40	46,45	34,81	28,64	33,63	60,9%	91,7%	3,2%	5,1%
B60	44,95	33,92	28,04	32,69	61,9%	91,3%	3,3%	5,4%
B80	43,67	33,23	27,60	31,93	62,7%	90,9%	3,5%	5,6%
B100	44,59	34,05	28,27	32,53	61,8%	90,5%	3,6%	5,9%

Em relação às emissões de GEE, observa-se uma pequena redução da participação das emissões de CO₂ e os pequenos aumentos nas participações de CH₄ e de N₂O com o aumento do teor da mistura de biodiesel de óleo de girassol com o óleo diesel mineral; isso se deve, essencialmente, à redução de consumo de óleo diesel mineral na fase agrícola do cultivo do girassol e da cana-de-açúcar, e do aumento das emissões de CH₄ e N₂O devido à maior produção de cana.

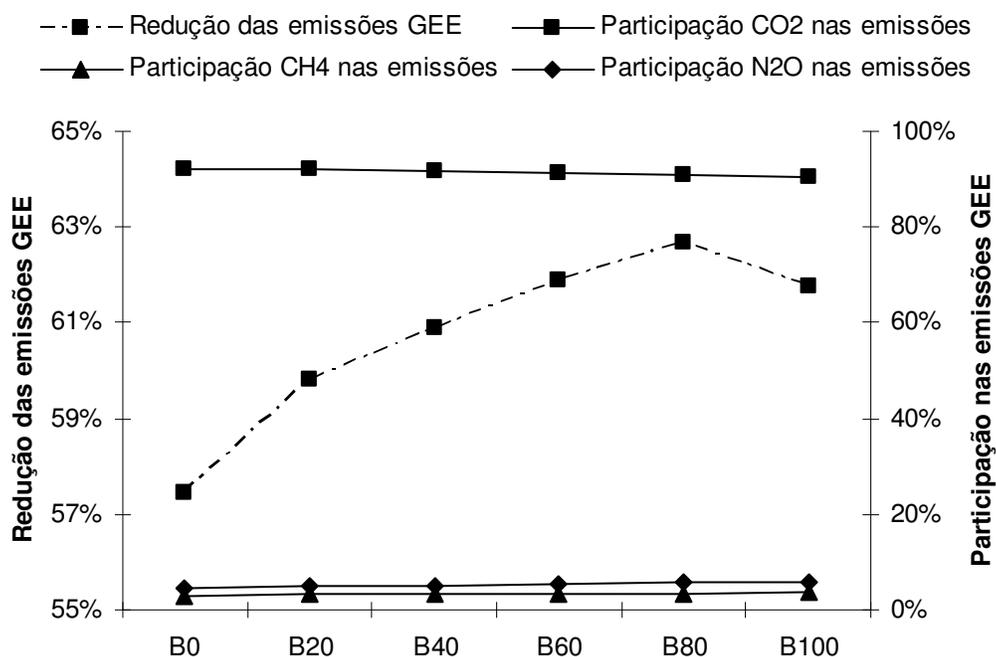


Figura 5. 10 Redução das emissões de GEE do biodiesel de óleo de girassol familiar em relação ao diesel mineral e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura

5.6. Indicadores socioeconômicos, balanço energético e balanço das emissões de gases de efeito estufa da produção de etanol

Nesta seção são avaliados e analisados os indicadores socioeconômicos, do balanço energético e das emissões de GEE da produção de etanol no país em função do teor de biodiesel na mistura com óleo diesel mineral. Como 82,2% da produção de biodiesel no país em 2010 teve a soja como matéria-prima (ANP, 2011), os resultados apresentados foram obtidos supondo-se a produção verticalizada de biodiesel a partir da soja pela rota etílica. Os valores obtidos levam sempre em consideração os efeitos diretos e indiretos dos insumos necessários para a produção de etanol, de biodiesel e seus co-produtos – torta, bagaço e farelo de soja e glicerol.

Os indicadores encontrados para o etanol são comparados, também, com os indicadores da gasolina pura, que também foram obtidos com a aplicação do modelo de insumo-produto desenvolvido no âmbito deste estudo. Na Tabela 5.35 são mostrados os indicadores da gasolina.

Tabela 5. 35 Balanço energético, emissões e indicadores socioeconômicos da produção de gasolina no Brasil

Item	Gasolina
Balanço energético	0,85
Emissões GEE (gCO ₂ eq/MJ)	77,52
CO ₂	97,9%
CH ₄	1,0%
N ₂ O	1,1%
Valor da produção (R\$/GJ)	47,24
PIB (R\$/GJ)	15,14
Empregos (Qde/TJ)	0,26
Remuneração fator trabalho (R\$/mês/emprego)	1.666,02

Os indicadores socioeconômicos da produção de etanol, em função do teor de biodiesel de soja usado na economia, são apresentados na Tabela 5.36. A participação do valor econômico do etanol foi usada como critério de alocação para os valores obtidos.

Tabela 5. 36 Indicadores socioeconômicos da produção de etanol

Indicadores socioeconômicos - base valor econômico				
Mistura	Valor da produção (R\$/GJ)	PIB (R\$/GJ)	Empregos (Qde/TJ)	Remuneração do fator trabalho (R\$/mês/emprego)
B0	78,30	38,83	1,29	823,28
B20	78,89	38,85	1,30	824,84
B40	79,55	38,86	1,31	826,67
B60	80,25	38,86	1,32	828,60
B80	81,01	38,87	1,33	830,72
B100	82,04	38,86	1,35	833,74

Os resultados apresentados na Tabela 5.36 mostram que as diferenças nos valores dos indicadores não são expressivas em função do teor de biodiesel misturado ao óleo diesel mineral, apresentando maior variação (4,8%) o indicador de valor da produção, quando se compara o valor referente ao B100 com o B0. Na situação B0, cada GJ produzido de etanol, cujo valor a preço básico em 2004 é estimado em R\$ 41,09, demanda a produção de R\$ 78,30 quando se consideram todos os efeitos diretos e indiretos ao longo da cadeia produtiva, enquanto cada GJ de gasolina demanda a produção de R\$ 47,24 (Tabela 5.35). Essa diferença evidencia o fato que, por unidade de energia, a produção de etanol tem maior impacto sobre o nível da atividade setorial agregada. Esse efeito também ocorre em relação ao indicador do PIB, sendo o valor do etanol 2,6 vezes o valor da gasolina, explicado, principalmente, pelos impactos na produção de etanol, cana-de-açúcar e açúcar – em 2004, 18,3% da produção de etanol é atribuída à indústria do açúcar (IBGE, 2010).

Outra grande diferença (a maior delas), ao se comparar os indicadores socioeconômicos da produção de etanol e gasolina por unidade energética, diz respeito ao número de empregos, situação na qual a produção do combustível renovável apresenta um valor que é o quádruplo do combustível fóssil na situação B0. Para o etanol, a maior parte dos empregos (55,0%) são gerados na produção de cana, trazendo, como consequência, uma remuneração mensal média do fator trabalho que é 50,6% inferior à da gasolina e 8,5% inferior à média brasileira de todos os setores da economia em 2004.

Os indicadores do balanço de energia e de emissões de GEE foram calculados em relação aos critérios de alocação em valor econômico, em massa e em conteúdo energético, bem como

sem alocação; a Tabela 5.37 apresenta os conteúdos de energia usados para o etanol e os co-produtos associados à produção de biodiesel a partir da soja – glicerol e torta, bagaço e farelo de soja.

Tabela 5. 37 Conteúdo energético dos produtos associados à produção de biodiesel

Produto	Conteúdo energético (MJ/kg)
Etanol	27,3 ¹
Torta, bagaço e farelo de soja	15,0 ²
Glicerol	25,3 ³

(1): Balanço Energético Nacional (EPE, 2010)

(2): Mendes et al., 2004 apud Mourad, 2008

(3): Trigo et al., 2007 apud Mourad, 2008

Os indicadores do balanço de energia da produção de etanol, em função da mistura de biodiesel de soja ao óleo diesel usado na economia, podem ser vistos na Tabela 5.38 e na Figura 5.11. Diferentemente do que foi observado nas rotas de produção de biodiesel avaliadas nas seções 5.1 a 5.5, os indicadores do balanço de energia associados à produção de etanol não apresentam diferenças expressivas quando se comparam os diferentes critérios de alocação – comparando-se em um mesmo nível de mistura de biodiesel, as diferenças nunca excedem 5,4%, e são superiores a 3,5% somente quando se compara o critério de alocação em massa com os outros dois para as misturas B80 e B100. Esse fato é explicado porque ao se aumentar o teor de biodiesel a partir da soja há uma maior produção e participação dos co-produtos associados ao biodiesel, principalmente a torta, bagaço e farelo de soja.

Tabela 5. 38 Indicadores do balanço de energia da produção de etanol

Balanço Energético				
Mistura	Sem alocação	Valor econômico	Massa	Energia
B0	9,02	9,26	9,33	9,26
B20	9,56	10,08	10,23	10,07
B40	10,03	10,87	11,12	10,86
B60	10,58	11,82	12,19	11,80
B80	11,23	12,99	13,51	12,97
B100	11,83	14,32	15,06	14,28

Na situação B0, tomando-se o indicador com valor igual 9,26 (critério de alocação em massa e em energia), nota-se o quão expressiva é a diferença em relação ao valor quantificado para a gasolina – 0,85 (Tabela 5.35). Há muitos trabalhos que já avaliaram o balanço energético da produção de etanol a partir de cana no país usando a análise do ciclo de vida (ACV) como metodologia, com valores maiores ou iguais a nove (9) dependendo da tecnologia considerada na cadeia produtiva do etanol, dos co-produtos obtidos (como a eletricidade gerada a partir da queima do bagaço de cana) e do critério de alocação adotado (SEABRA, 2008).

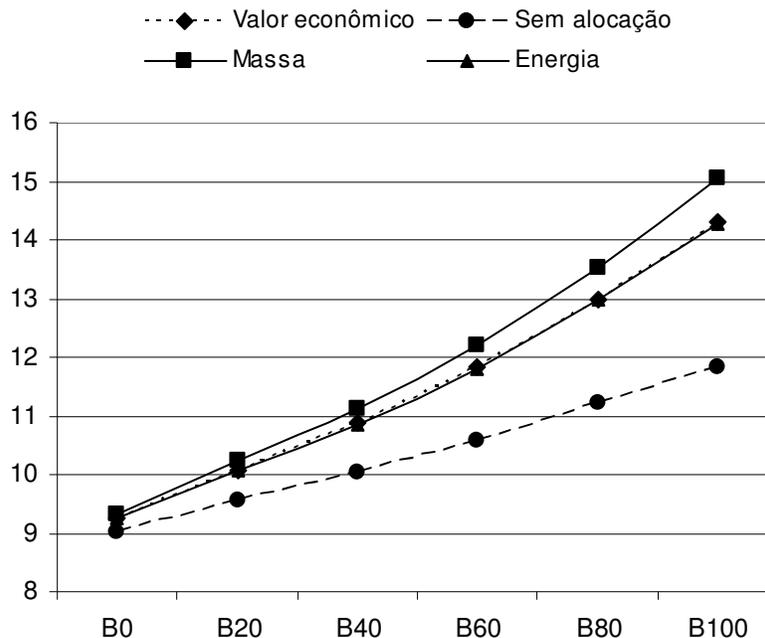


Figura 5. 11 Indicadores do balanço de energia da produção de etanol

Na Figura 5.11 pode-se observar, de modo mais claro, a influência do teor de biodiesel sobre o balanço de energia associado ao etanol de cana produzido no país em relação ao ano de 2004. Se, por hipótese, fosse usado somente biodiesel no lugar de óleo diesel (B100) em toda a economia, o aumento no indicador do balanço energético do etanol em relação à situação B0 (somente óleo diesel mineral), usando-se o conteúdo energético como critério de alocação, seria de 54,3%.

Os resultados dos indicadores de emissões de GEE associados ao etanol de cana no Brasil são apresentados na Tabela 5.39 e na Figura 5.12. Nota-se que as emissões de GEE diminuem com o aumento da participação de biodiesel, e a redução chega a 10,5% quando se compara a situação B100 com B0 ao se utilizar a energia como critério de alocação; a redução das emissões em relação à gasolina varia entre 73,4% e 76,2% quando se emprega o conteúdo energético dos produtos como critério de alocação para as emissões do etanol.

Tabela 5. 39 Balanço de emissões de GEE associados ao etanol de cana-de-açúcar

Mistura	Emissões de GEE (gCO ₂ eq/MJ)					Participação emissões (CO ₂ eq)		
	Sem alocação	Valor econômico	Massa	Energia	Red. emis. relativas à gasolina (crit. conteúdo energ.)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
B0	21,00	20,62	20,51	20,62	73,4%	33,3%	22,7%	44,0%
B20	20,91	20,16	19,95	20,17	74,0%	31,1%	23,2%	45,6%
B40	20,83	19,70	19,40	19,72	74,6%	28,9%	23,8%	47,3%
B60	20,76	19,24	18,85	19,26	75,2%	26,4%	24,4%	49,1%
B80	20,72	18,78	18,30	18,81	75,7%	23,9%	25,0%	51,1%
B100	20,96	18,43	17,84	18,46	76,2%	21,3%	25,6%	53,1%

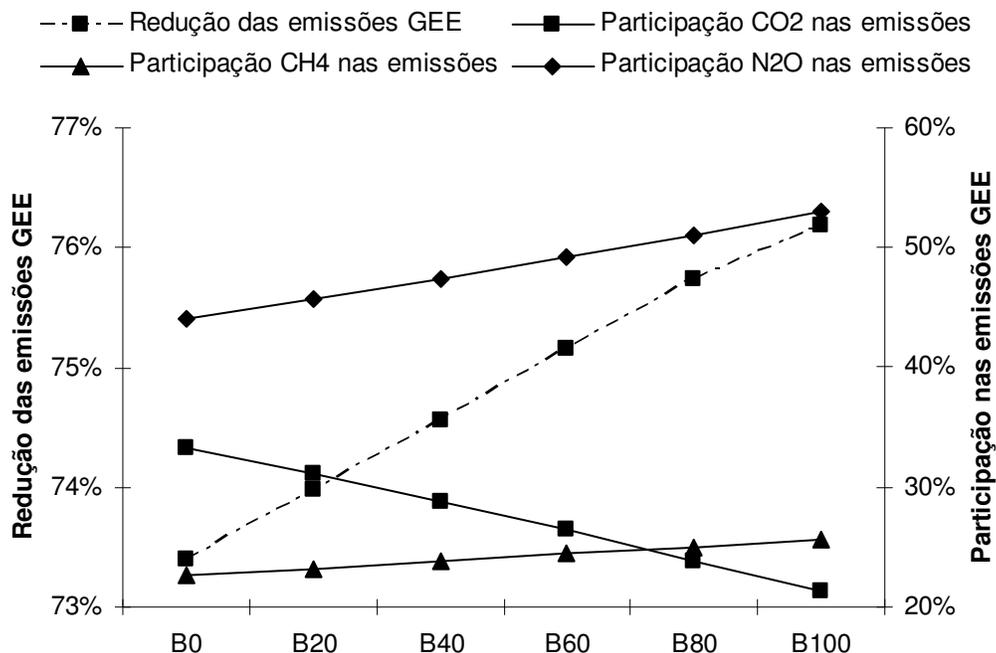


Figura 5. 12 Redução das emissões de GEE do etanol de cana em relação à gasolina e participação dos gases nas emissões, em função do teor da mistura

Na Figura 5.12 e na porção direita da Tabela 5.39, dado o aumento da mistura de biodiesel de soja ao óleo diesel, pode-se observar a queda da participação do CO₂ e dos aumentos das participações de CH₄ e N₂O nas emissões de GEE, explicados pelo aumento das emissões de N₂O na produção de soja para a produção do óleo vegetal como matéria-prima para o biodiesel, como também do aumento das emissões de CH₄ e N₂O na produção de cana, matéria-prima para a produção de etanol usado na produção de biodiesel.

5.7 Sumário e comparação das rotas e cenários de produção de biodiesel avaliadas

Nesta seção apresenta-se uma comparação sucinta dos resultados das rotas e dos cenários de produção de biodiesel analisados neste capítulo.

5.7.1 Comparação dos cenários B1

A Tabela 5.40 apresenta os resultados dos cenários B1, em relação ao ano de 2004, das cinco rotas de produção de biodiesel avaliadas neste estudo.

Tabela 5. 40 Comparação dos cenários B1 nas cinco rotas de produção de biodiesel avaliadas

Cenário B1 - rota etílica					
Rota/item	Rota de produção de biodiesel				
	Verticalizada a partir da soja	Óleo de soja	Verticalizada a partir de sebo bovino	Óleo de algodão	Óleo de girassol - rota familiar
Hipótese	Redução exportação de soja	Redução exportação óleo de soja	Aproveitamento sebo da carne bovina	Expansão da produção de algodão	Expansão da produção de girassol
Produção de biodiesel (ML)	418,4	418,2	418,2	420,2	418,8
Redução da importação de óleo diesel (ML)	510,8	524,0	525,4	332,7	467,9
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	2.335	794	774	9.718	2.805
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-335	-424	121	-61	-326
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	519	560	-188	553	527
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,24	1,34	-0,45	1,32	1,26
PIB (R\$ milhão de 2004)	285	-194	475	3.337	936
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	0,68	-0,46	1,14	7,94	2,24
Empregos	17.630	4.478	3.834	130.623	570.688
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.062	1.151	1.188	723	118
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	86	70	65	268	131
Energia secundária biodiesel (ktep)	295	294	294	296	295
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO₂ eq)	-1.158	-1.259	-1.263	798	-945

O volume de biodiesel produzido nas cinco rotas é muito próximo, em torno de 419 milhões de litros; entretanto, esta participação de biodiesel na economia traria uma redução das importações de óleo diesel em torno de 520 milhões de litros para as rotas a partir da soja e do sebo bovino, em função do aumento de eficiência da mistura (0,3%) em relação ao óleo diesel mineral; na rota a partir do algodão, a redução seria inferior ao volume produzido de biodiesel em função do fechamento realizado, no qual supôs-se uma expansão da cultura de algodão; na rota a partir de girassol, mesmo supondo-se a expansão de sua cultura, a baixa intensidade de seu consumo de óleo diesel resulta em uma redução das importações de óleo diesel maior do que a produção de biodiesel.

Em relação ao valor da produção, os maiores valores observados para a rota a partir do algodão e do óleo de girassol são explicados devido à expansão suposta destas culturas. A diferença entre a rota verticalizada a partir da soja e a rota a partir do óleo de soja deve-se principalmente ao fato de que, no primeiro caso, obtém-se a torta, o bagaço e o farelo da soja no processo de esmagamento dos grãos.

No que diz respeito aos impostos setoriais, observa-se que somente na produção de biodiesel a partir do sebo bovino a arrecadação é positiva, uma vez que esta é a única rota que não necessita de subsídio – supondo-se o preço básico do biodiesel igual ao óleo diesel mineral. O subsídio por litro de biodiesel produzido, exceto para a rota a partir do sebo bovino, encontra-se ao redor de R\$ 1,30/L, não apresentando diferença expressiva entre as outras quatro rotas.

Ainda que haja necessidade de subsídio em quase todas as rotas, os cenários B1 avaliados trazem, em sua maior parte, contribuição ao PIB da economia, em função das reduções de importação de óleo diesel e dos impactos causados em outras atividades da cadeia produtiva, como os setores agrícolas, quando se considera a produção de biodiesel a partir de óleos vegetais. A única rota em que o impacto no PIB é negativo é usando-se o óleo de soja, mostrando que, nas condições de preço de 2004, a conversão do óleo de soja em biodiesel não é vantajosa em termos do PIB gerado. Nesse sentido, fica claro que a conversão de soja e de sebo bovino em biodiesel é uma oportunidade do ponto de vista econômico.

Em relação aos empregos gerados, destaca-se que o pouco mais de meio milhão de empregos gerados na rota a partir da produção familiar de girassol é fruto, naturalmente, do emprego intensivo de mão-de-obra na fase agrícola, acompanhada por uma baixa remuneração média do fator trabalho por emprego gerado – 87% inferior à média do país em 2004. As rotas a partir da soja e do sebo apresentam uma remuneração média do fator trabalho por emprego gerado que é inferior ao óleo diesel mineral, mas que são em torno de 26% superiores à média brasileira em 2004.

Nos cenários das cinco rotas avaliadas observa-se que a produção de energia relativa ao biodiesel é superior ao aumento do consumo de energia primária não renovável, mesmo nos casos nos quais supôs-se uma expansão da atividade agrícola, como nos casos das rotas a partir do algodão e do girassol. Exceto na rota a partir do óleo de algodão – em função do aumento das

emissões de CH₄ e N₂O pela expansão do cultivo do algodão –, observa-se uma redução das emissões de GEE, devido, principalmente, à redução da queima de óleo diesel mineral importado.

5.7.2 Comparação dos cenários com potencial máximo de produção de biodiesel – rotas a partir da soja e a partir do sebo bovino

A Tabela 5.41 apresenta os resultados dos cenários em que se estimou a produção máxima de biodiesel a partir da soja e do sebo bovino, em relação ao ano de 2004, sem que se aumentasse a produção de soja e de carne bovina.

Em relação à rota verticalizada de soja, supôs-se a conversão de toda a soja exportada em óleo de soja (e também torta, bagaço e farelo) para a produção de biodiesel; em relação ao óleo de soja supôs-se o aproveitamento de todo o óleo vegetal exportado para a produção de biodiesel e, no caso do sebo bovino, supôs-se o uso de todo o sebo bovino disponível para a produção de biodiesel.

O aproveitamento de toda a soja exportada, em 2004, permitiria a produção de 3,96 bilhões de litros de biodiesel, correspondendo a um cenário B9,16, suficiente, naquele ano, para suprir totalmente a importação de óleo diesel mineral – um volume de 2,70 bilhões de litros. A eliminação das importações de óleo diesel, o excedente de óleo diesel na economia e a produção adicional de torta, bagaço e farelo de soja trariam um aumento no PIB de R\$ 2,52 bilhões, gerando quase 170 mil novos empregos com remuneração média 18% superior à média nacional em 2004, trazendo, ainda, uma redução das emissões de GEE de quase 5.000 Gg CO₂ eq.

O uso de todo o óleo de soja exportado em 2004 para a produção de biodiesel seria suficiente para atender a um cenário de mistura B6,19, com um volume de 2,59 bilhões de litros, eliminando, também, toda a importação de óleo diesel mineral naquele ano. Entretanto, mesmo com a eliminação das importações de óleo diesel, o nível de subsídio necessário para a produção de biodiesel traria uma redução no PIB de R\$ 1,05 bilhão de reais; os benefícios poderiam ser computados em termos dos 28 mil novos empregos gerados – com remuneração média 28,5% superior à média do país em 2004 – e da redução das emissões de GEE em 6.309 Gg CO₂ eq.

Tabela 5. 41 Comparação dos cenários com potencial máximo de produção de biodiesel

Potencial máximo de produção - rota etílica			
Rota/item	Rota de produção de biodiesel		
	Verticalizada a partir da soja	Óleo de soja	Verticalizada a partir de sebo bovino
Hipótese	Aproveitamento de toda a soja exportada	Aproveitamento de todo o óleo de soja exportado	Aproveitamento de todo o sebo bovino
Mistura de biodiesel	B9,16	B6,19	B1,13
Produção de biodiesel (ML)	3.956	2.587	473
Redução da importação de óleo diesel (ML)	2.695	2.695	594
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	21.975	4.889	877
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-3.368	-2.697	137
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	4.858	3.441	-213
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,23	1,33	-0,45
PIB (R\$ milhão de 2004)	2.524	-1.049	546
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	0,64	-0,41	1,15
Empregos	167.380	28.104	4.350
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.063	1.155	1.188
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	820	441	74
Energia secundária biodiesel (ktep)	2.786	1.821	333
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO₂ eq)	-4.927	-6.309	-1.428

Já o aproveitamento de todo o sebo produzido no abate de animais bovinos em 2004 permitiria a produção de 473 milhões de litros de biodiesel, correspondendo a um cenário B1,13, possibilitando a redução das importações de óleo diesel em 594 milhões de litros, devido ao ganho de eficiência da mistura em relação ao óleo diesel mineral (ver subseção 4.3.1, Capítulo 4).

Como esta rota de produção de biodiesel faz uso de uma matéria-prima que é resíduo da produção de carne bovina, não há necessidade de subsidiá-la, ainda que se considere o preço básico do biodiesel igual ao óleo diesel mineral. O acréscimo no PIB neste cenário seria de R\$ 546 milhões, gerando mais 4,4 mil empregos com remuneração média 32,2% superior à média nacional em 2004. Considerando-se todos os efeitos diretos e indiretos na economia, a substituição de 594 milhões de litros de óleo diesel mineral importado por biodiesel de sebo bovino traria uma redução de 1.428 Gg de CO₂ eq nas emissões de GEE.

5.7.3 Comparação dos cenários supondo-se as respectivas participações observadas em 2010

Os cenários avaliados com as participações da produção de biodiesel observadas em 2010 somam 98,4% de toda a participação B5 daquele ano – B4,11 a partir da soja, B 0,69 a partir do sebo bovino e B0,12 a partir do óleo de algodão. A Tabela 5.42 apresenta os impactos socioeconômicos e ambientais das cinco rotas estudadas nesta tese, admitindo-se que 90% do álcool usado na transesterificação é o metanol.

Comparando-se as duas rotas a partir da soja, nota-se que as diferenças significativas dizem respeito ao valor da produção setorial, ao impacto sobre o PIB e aos empregos gerados. Na situação em que se considera a rota verticalizada a partir da soja com redução de suas exportações, o impacto sobre o valor da produção setorial e o impacto positivo sobre o PIB devem-se, em grande parte, à obtenção da torta, bagaço e farelo de soja como co-produtos do esmagamento da soja para a produção de óleo vegetal. Nessa situação, seriam gerados em torno de 67 mil empregos com remuneração média mensal 21,1% superior à média brasileira em 2004, além de se reduzir as emissões de GEE em 4.660 Gg CO₂ eq. Se o cenário B4,11 a partir da soja é suposto ser atingido com a redução das exportações do óleo de soja, o impacto sobre o valor da produção cai para R\$ 2,83 bilhões, trazendo uma redução do PIB de R\$ 773 milhões, gerando 11,4 mil empregos (16,9% dos empregos gerados com a redução das exportações de soja) com remuneração 52,5% maior do que a média do país em 2004, trazendo, ainda, uma redução de 5.083 Gg CO₂ eq das emissões de GEE.

A produção B0,69 de biodiesel de sebo bovino corresponde a 60,6% do volume máximo estimado para o ano de 2004 (ver subseção anterior – 5.7.2), trazendo um acréscimo de R\$ 295 milhões no PIB, gerando 1,3 mil novos empregos e trazendo uma redução das emissões de GEE de 882 Gg CO₂ eq.

Tabela 5. 42 Comparação dos cenários supondo-se as respectivas participações observadas em 2010

Participação 2010 - rota 90% metílica				
Rota/item	Rota de produção de biodiesel			
	Verticalizada a partir da soja	Óleo de soja	Verticalizada a partir de sebo bovino	Óleo de algodão
Mistura de biodiesel	B4,11	B4,11	B0,69	B0,12
Produção de biodiesel (ML)	1.710	1.707	287	50
Redução da importação de óleo diesel (ML)	2.041	2.095	363	40
Valor da produção (R\$ milhão de 2004)	9.383	2.829	449	1.194
Impostos setoriais (R\$ milhão de 2004)	-1.348	-1.723	77	-4
Subsídios à atividade de biodiesel (R\$ milhão de 2004)	2.033	2.206	-129	64
Subsídio à produção de biodiesel (R\$/L)	1,19	1,29	-0,45	1,28
PIB (R\$ milhão de 2004)	1.260	-773	295	353
Benefício econômico (R\$/L de biodiesel)	0,74	-0,45	1,03	7,02
Empregos	67.322	11.398	1.279	16.042
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.089	1.371	1.559	721
Consumo de energia primária não renovável(ktep)	359	293	43	33
Energia secundária biodiesel (ktep)	1.204	1.202	202	35
Emissões de GEE exceto mudança do uso da terra (Gg CO₂ eq)	-4.660	-5.083	-882	103

Embora a produção de biodiesel de óleo de algodão na mistura B0,12 corresponda a apenas 17,6% da produção a partir do sebo (mistura B0,69), o impacto no PIB é superior na rota a partir do algodão porque supôs-se um acréscimo na produção de algodão, e, conseqüentemente, na produção de algodão em pluma. Dados os impactos no setor agrícola de produção de algodão, seriam gerados mais 16,0 mil novos empregos, com remuneração média 19,8% inferior à média

nacional em 2004, com um pequeno acréscimo de 103 Gg de CO₂ eq nas emissões de GEE devidos às emissões de CH₄ e N₂O no cultivo do algodão.

Considerando-se os resultados apresentados na Tabela 5.42 e dependendo da rota de produção de biodiesel a partir da soja, a geração total de empregos estaria entre 28,7 mil e 84,6 mil novos postos de trabalho, os impactos sobre PIB estariam entre uma redução de R\$ 124 milhões a um acréscimo de R\$ 1.909 milhões e as emissões de GEE seriam reduzidas em torno de 5.650 Gg CO₂ eq. Dada a obrigatoriedade de adição de biodiesel ao óleo diesel mineral, os resultados evidenciam que os maiores benefícios socioeconômicos encontram-se na oportunidade de adicionar mais valor aos grãos de soja – produzindo-se o óleo vegetal para a produção de biodiesel e a torta, bagaço e farelo de soja – e ao sebo bovino.

5.7.4 Comparação dos indicadores socioeconômicos e ambientais das cinco rotas avaliadas

Na Tabela 5.43 são apresentados os indicadores socioeconômicos e ambientais da produção de biodiesel nas cinco rotas avaliadas nesta tese, considerando a situação em que toda a economia utiliza óleo diesel mineral sem adição de biodiesel (B0).

O valor de um GJ de biodiesel é avaliado, a preço básico, em R\$ 26,64; para cada rota de produção de biodiesel avaliada, a produção de um GJ de biodiesel requer, quando se consideram os efeitos diretos e indiretos ao longo de toda a cadeia produtiva, um valor da produção que varia entre R\$ 53,83 (para o biodiesel a partir do sebo bovino) a R\$ 186,04 (biodiesel a partir do óleo de soja). A diferença resulta porque, no caso do sebo bovino, não foi atribuído valor comercial a essa matéria-prima – sendo considerada, assim, como um resíduo da atividade do abate de bovinos – e, no caso do óleo de soja, há que se computar os valores da cadeia de produção associados a essa matéria-prima, cujo preço básico foi estimado em R\$ 1.890/t. Em relação aos indicadores no PIB, cada GJ de biodiesel adiciona, excetuando a rota a partir do sebo, R\$ 18,71 em média na economia; a rota a partir do sebo, como não necessita ser subsidiada, adiciona R\$ 24,35. A adição nas quatro rotas que precisam ser subsidiadas é explicada, em sua maior parte, pelos impactos positivos causados nas atividades agrícolas para a produção das matérias-primas dos óleos vegetais. É importante destacar, também, que o valor médio de R\$ 18,71/GJ relativo ao indicador de impacto no PIB é 20,9% superior ao correspondente da produção de óleo diesel mineral no Brasil em 2004.

Tabela 5. 43 Comparação dos indicadores socioeconômicos e ambientais das cinco rotas avaliadas

Indicadores - rota ética - situação B0					
Rota/item	Rota de produção de biodiesel				
	Verticalizada a partir da soja	Óleo de soja	Verticalizada a partir de sebo bovino	Óleo de algodão	Óleo de girassol - rota familiar
Valor da produção (R\$/GJ)	132,02	186,04	53,83	168,02	136,32
PIB (R\$/GJ)	19,12	19,03	24,35	17,64	19,06
Empregos (Qde/TJ)	1,44	1,50	0,31	1,70	22,64
Remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado (R\$ de 2004)	1.221	1.212	1.220	857	127
Balanco energético (sem alocação)	1,22	1,21	0,19	0,60	1,42
Balanco energético (alocação valor econômico)	2,14	2,10	3,85	2,03	2,07
Balanco energético (alocação em massa)	2,89	2,82	4,14	2,58	2,68
Emissões de GEE - sem alocação (Gg CO₂ eq/MJ)	97,02	97,54	15.335,30	189,12	51,09
Emissões de GEE - alocação valor econômico (Gg CO₂ eq/MJ)	51,15	51,65	25,77	51,02	37,87
Emissões de GEE - alocação em massa (Gg CO₂ eq/MJ)	36,06	36,53	23,85	39,11	30,82
Redução das emissões de GEE em relação ao óleo diesel mineral (critério valor econômico)	42,5%	42,0%	71,1%	42,7%	57,5%

Em relação aos indicadores de empregos, os valores obtidos para as rotas a partir da soja são, em média, 5,8 vezes o valor correspondente ao óleo diesel mineral; a remuneração mensal média do fator trabalho, nas duas rotas a partir da soja avaliadas, são, na média, 35,3% superiores à média da economia do país em 2004, e 29,0% inferior ao indicador da produção de óleo diesel mineral.

Na comparação entre as cinco rotas avaliadas, a produção de biodiesel a partir do sebo bovino possui o menor valor do indicador relativo aos empregos gerados, pois não considera os empregos criados nas atividades do abate de bovinos e na atividade pecuária, mas ainda assim possui um valor 20,9% superior ao óleo diesel mineral. O maior indicador relativo à geração de empregos encontra-se na rota a partir do óleo de girassol produzido no modelo de agricultura

familiar, mas com remuneração do fator trabalho por emprego gerado 85,9% inferior à média do país em 2004.

No que diz respeito aos indicadores do balanço energético, considerando-se a alocação em massa, os valores obtidos para as rotas a partir de óleos vegetais estão entre 2,58 a 2,89; na rota avaliada a partir do óleo de soja, o valor obtido de 2,82 está um pouco abaixo dos resultados obtidos por Mourad e Walter (2011), que foi um estudo que usou a Análise de Ciclo de Vida como metodologia.

Finalmente, em relação às emissões de GEE, as rotas a partir da soja e de óleo de algodão apresentam reduções muito próximas em relação ao óleo diesel mineral, variando entre 42,0% a 42,7%; as reduções a partir do óleo de girassol alcançaram o valor de 57,5% porque não se computou, nesta rota, as emissões de CH₄ e N₂O no cultivo do girassol. Na rota a partir do sebo bovino, as reduções de emissões de GEE em relação ao óleo diesel mineral possuem o valor mais expressivo (71,1%), uma vez que as emissões consideradas são relativas, em sua maior parte, àquelas da planta de transesterificação.

Capítulo 6

Conclusões

Este capítulo apresenta algumas discussões sobre os assuntos e resultados mais relevantes abordados nesta tese, incluindo a metodologia sugerida e implementada para se quantificar os impactos e indicadores socioeconômicos e ambientais de cenários de rotas de produção de biodiesel no Brasil, tomando-se como referência a estrutura econômica do país em 2004. Ao final do capítulo são sugeridos alguns estudos para o aprofundamento e melhoria do conteúdo apresentado neste estudo.

6.1 A produção de biodiesel no Brasil e as avaliações feitas nesta tese

A produção de biodiesel no Brasil teve início em 2005, com um volume produzido próximo a 700 mil litros e, em apenas seis anos, alcançou a produção de 2,4 bilhões de litros em 2010, o que levou o país à posição de segundo maior produtor mundial do biocombustível. A Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005, instituiu os fundamentos do programa de produção de biodiesel do país, tendo como uma de suas diretrizes promover a inclusão social.

Esta tese avaliou os impactos e indicadores socioeconômicos e ambientais das principais rotas de produção de biodiesel no Brasil, como também os indicadores socioeconômicos e ambientais da produção de óleo diesel mineral, etanol e gasolina. Como a produção de biodiesel no Brasil teve início em 2005, a análise foi feita considerando-se a estrutura tecnológica da economia brasileira em 2004. A quantificação dos impactos e dos indicadores foi feita usando a Análise de Insumo-Produto; a metodologia foi escolhida porque permite quantificar todos os efeitos diretos e indiretos envolvidos na cadeia produtiva para a produção de qualquer produto ou serviço. Uma das contribuições deste estudo encontra-se na extensão metodológica da Análise de Insumo-Produto, sendo proposta para avaliar impactos socioeconômicos e ambientais da inserção de uma nova tecnologia na economia, substituindo total ou parcialmente um produto importado.

As matérias-primas que têm sido mais representativas em termos do volume de produção de biodiesel no país, desde a implantação do PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel), são a soja (que representou 82,2% da produção em 2010), o sebo bovino (13,7% da produção em 2010) e o óleo de algodão (2,4% da produção em 2010). O perfil observado da

produção de biodiesel no Brasil em 2010 mostra que a maior parte dele é obtido a partir da soja, usando a rota metálica e com produção em plantas de transesterificação de grande capacidade de produção (acima de 125.000 toneladas ao ano).

Em função das matérias-primas usadas no Brasil e das características do PNPB, cinco rotas de produção de biodiesel foram avaliadas nesta tese: duas em relação à soja (sendo uma verticalizada – que faz o esmagamento dos grãos de soja para a produção do óleo vegetal – e outra a partir do óleo de soja), uma em relação ao sebo bovino, uma em relação ao óleo de algodão e outra em relação ao óleo de girassol obtido através de um arranjo produtivo organizado em cooperativas de agricultores familiares. O modelo de insumo-produto desenvolvido para este trabalho permite simular os impactos socioeconômicos e ambientais de qualquer combinação das cinco rotas de produção de biodiesel, considerando a substituição do óleo diesel importado por biodiesel e o efeito da mudança de rendimento das misturas de biodiesel em relação ao óleo diesel mineral.

As variáveis socioeconômicas avaliadas dizem respeito aos impactos (i) no valor da produção dos setores da economia, (ii) nos impostos setoriais gerados, (iii) na necessidade de subsídios na produção de biodiesel, (iv) no PIB gerado, (v) nos empregos criados e (vi) na remuneração mensal média do fator trabalho por emprego gerado. As variáveis ambientais são relativas ao balanço energético (razão entre a energia secundária renovável produzida e o consumo de energia primária e secundária não-renovável para produzir a energia renovável) e às emissões dos principais gases causadores do efeito estufa – CO₂, CH₄ e N₂O. Para as cinco rotas de produção de biodiesel e para o etanol, em relação aos indicadores socioeconômicos e ambientais, a avaliação foi feita em função da mistura de biodiesel ao óleo diesel usado na economia.

6.2 Discussão sobre resultados relevantes

Admitindo-se que o preço básico do biodiesel seja igual ao do óleo diesel mineral, observa-se que, nas rotas avaliadas, somente a rota a partir do sebo bovino não necessita de subsídios. Nas rotas etílicas que usam os óleos vegetais como matéria-prima, os subsídios por litro de biodiesel produzido são iguais a R\$ 1,342, R\$ 1,319 e R\$ 1,261, respectivamente, para o óleo de soja, o óleo de algodão e o óleo de girassol.

Os resultados obtidos em relação aos indicadores socioeconômicos e ambientais das rotas de produção de biodiesel a partir de óleos vegetais mostram que não há diferenças expressivas entre eles, a não ser nos indicadores relativos aos empregos da rota de girassol a partir da agricultura familiar. Nos cenários nos quais se comparou os impactos da rota etílica com a rota metélica não se observou, também, diferenças significativas, pelo fato do álcool ter pouca importância como insumo na produção de biodiesel, tanto em termos de massa quanto em termos de valor econômico.

Em relação às reduções das emissões de GEE, o biodiesel produzido a partir do óleo de soja ou do óleo de algodão, em relação ao óleo diesel mineral, permite redução das emissões em torno de 43%, considerados os ciclos de vida de ambos os produtos, quando se usa o valor econômico dos produtos como critério de alocação; se a massa for adotada como critério, as reduções sobem para valores ao redor de 60%. Essas reduções poderiam ser maiores caso se considerasse, na fase de degomagem dos óleos vegetais nas plantas de transesterificação, a substituição de óleo combustível por outra fonte renovável.

Nas rotas avaliadas a partir da soja foram estimados os impactos socioeconômicos e ambientais de cenários considerando (i) o aproveitamento de toda a soja exportada para a produção de biodiesel (na rota verticalizada a partir da soja) e (ii) o aproveitamento de todo o óleo de soja exportado para a produção do biocombustível. Esses cenários são vistos como uma oportunidade, relacionada à cadeia produtiva da soja, de produzir biodiesel sem a necessidade de aumento de produção da soja. No primeiro caso, a partir da rota etílica, seria possível produzir 3,96 bilhões de litros – volume suficiente em 2004 para substituir completamente as importações de óleo diesel mineral, correspondendo a uma mistura B9,57; seriam gerados 167,5 mil empregos e seria observado um acréscimo do PIB no valor de R\$ 2,49 bilhões. No segundo caso, também a partir da rota etílica, seria possível produzir 2,59 bilhões de litros – volume que permitiria a substituição completa das importações de óleo diesel em 2004, correspondendo a uma mistura B6,24; seriam gerados 28,2 mil empregos e seria observado um decréscimo do PIB no valor de R\$ 1,07 bilhão. Esses resultados mostram que, sob a ótica da economia como um todo, em relação aos preços estimados em 2004, há benefício econômico (quantificado em termos do impacto no PIB em relação ao ano de 2004) em converter a soja em biodiesel (e também em torta, bagaço e farelo de soja), mas não há em converter óleo de soja no biocombustível. Em

ambas as situações, o biodiesel é, também, uma boa alternativa de diversificação da produção para os setores da cadeia da soja.

A análise descrita no parágrafo anterior diz respeito a uma avaliação de oportunidade. Se for considerado um cenário de produção de biodiesel de soja com expansão da área cultivada, os impactos podem ser estimados através dos indicadores socioeconômicos e ambientais. Por exemplo, na rota a partir do óleo de soja, a produção de 2,59 bilhões de litros de biodiesel (76.229 TJ) traria a criação de 114,3 mil empregos com um acréscimo no PIB de R\$ 1,45 bilhão, e se esse volume de biodiesel substituísse a queima de óleo diesel mineral, seriam reduzidas as emissões de GEE em 2.849 Gg CO₂ eq (valor que corresponde a apenas 2,3% das emissões associadas ao óleo diesel no país em 2004).

Assim, em relação à produção de biodiesel no Brasil, obtida 95,9% a partir da soja e do sebo bovino em 2010, pode-se dizer que seu estabelecimento tem ocorrido pelas oportunidades associadas às cadeias produtivas da soja e do abate de bovinos, que são bem consolidadas e organizadas no país. Chama a atenção, nesse aspecto, que um dos objetivos do PNPB visava ao estabelecimento da agricultura familiar como um grande fornecedor de matéria-prima, permitindo, desse modo, promover a inclusão social. Ocorre que 90% da matéria-prima com selo social em 2010 correspondeu à soja obtida de agricultores familiares da Região Sul do país, cuja estrutura produtiva é muito diferente daquela encontrada na agricultura familiar de subsistência nas regiões mais carentes do país, como, por exemplo, regiões do sertão nordestino.

Os resultados obtidos na análise da rota a partir do girassol, produzido em cooperativas de agricultores familiares (de acordo com o trabalho de Evangelista Júnior (2009), que descreve uma experiência realizada na região denominada como Território do Mato Grande, Rio Grande do Norte), mostram que, de fato, o número de empregos gerados é 15 vezes o da produção de biodiesel obtido a partir da soja (que, por sua vez, é seis vezes o número de empregos gerados na produção de óleo diesel mineral), mas com uma renda associada que é 86% menor que a média brasileira em 2004. Estes resultados trazem à tona, enfim, quais são as reais possibilidades – e os custos associados a elas – de se fazer com que um programa de produção de biocombustíveis possa contribuir, de forma significativa, para erradicar a miséria de um contingente expressivo de agricultores que possuem baixíssima renda e nível de instrução.

O objetivo desta tese não consiste em fazer uma análise crítica a respeito do PNPB, embora os resultados obtidos em termos dos impactos e indicadores socioeconômicos e ambientais dos cenários das rotas de produção avaliadas permitam, com o devido cuidado, iniciar um processo de exame da inserção da indústria de biodiesel no país.

6.3 Conclusões sobre a metodologia utilizada

As análises e os resultados apresentados nesta tese foram obtidos com o emprego de um modelo de insumo-produto estendido – que contempla a possibilidade de diversos setores produzirem um mesmo produto, um setor produzir vários produtos e a substituição de um produto importado por um doméstico. Essa abordagem pode ser empregada em outras aplicações de interesse na área de energia, como, por exemplo, avaliar os impactos da inserção de biorrefinarias coexistindo com refinarias de petróleo convencionais.

Em relação aos indicadores ambientais, as estimativas obtidas com o emprego da análise de insumo-produto apresentaram-se dentro dos intervalos de resultados obtidos por estudos confiáveis usando a técnica da Análise de Ciclo de Vida (ACV). Em relação à ACV, a análise de insumo-produto possui duas vantagens: (i) ela é mais rápida de ser feita e menos dispendiosa, pois usa as informações do consumo de insumos entre os setores da economia disponibilizadas pelo sistema de contas nacionais, e (ii) tem como fronteira toda a cadeia produtiva da economia, captando todos os efeitos diretos e indiretos na produção de um bem ou serviço.

A maior desvantagem da análise de insumo-produto, em relação à ACV, diz respeito ao nível de detalhe em que uma determinada atividade pode ser explorada em termos do consumo de insumos e da descrição de seu processo; usualmente, os estudos que fazem uso da ACV descrevem os processos produtivos associados a um produto ou um serviço de modo muito mais detalhado, requerendo, para tanto, um trabalho mais minucioso, que demanda mais tempo e custa mais caro. Outra desvantagem da análise de insumo-produto é que, normalmente, os dados disponíveis permitem análises que descrevem o perfil tecnológico médio da atividade em um país, tornando difícil a comparação de tecnologias distintas ou a comparação em diferentes regiões; adiciona-se, também, que os impactos sobre a produção que ocorrem fora do país (caso de insumos importados) não são computados.

Naturalmente, essas duas metodologias podem ser complementadas; por exemplo, a análise de insumo-produto pode fazer uso de descrições tecnológicas mais precisas e distintas provenientes de estudos usando ACV, de tal modo que elas podem ser inseridas no modelo para comparar as diferenças de impactos. A ACV também pode ser feita usando uma matriz de insumo-produto (HENDRICKSON et al., 2006); esta técnica vem sendo empregada há mais de duas décadas por diversos pesquisadores e instituições – com destaque para o Green Design Institute, da Carnegie Mellon University –, sendo denominada como *economic input-output life cycle assessment* (EIOLCA).

6.4 Sugestões para novos estudos

No estudo realizado nesta tese não foram avaliados os efeitos sobre a economia devido ao aumento de renda propiciado pela expansão da produção de biodiesel, que pode ser convertido em um aumento do ciclo de consumo de bens e serviços, alimentando, desse modo, impactos socioeconômicos adicionais na economia – esses efeitos adicionais causados pelo acréscimo de renda são denominados, também, efeitos induzidos. Há, portanto, a possibilidade de se completar o estudo aqui realizado contemplando tais efeitos, que poderiam ser significativos nas rotas que fazem uso intensivo da mão-de-obra, como aquelas alicerçadas na agricultura familiar.

Uma das principais limitações da análise clássica de insumo-produto reside na hipótese de que os preços não variam. Em termos dos impactos econômicos, dada principalmente a eventual limitação dos fatores de produção no curto prazo (como trabalho ou capital), mudanças de preços podem ocorrer, levando a um novo equilíbrio de preços e quantidades dos produtos da economia. Esse pode ser o caso nas rotas a partir da soja em que foram avaliados os impactos supondo-se o aproveitamento de toda a soja exportada e de todo o óleo de soja exportado para a produção de biodiesel. A importância do Brasil no mercado internacional dessas *commodities* pode levar a um novo equilíbrio de preços em uma situação em que o país reduza substancialmente a oferta desses produtos no mercado internacional. Nesse sentido, recomenda-se o uso de modelos de equilíbrio – parcial ou geral – para melhor avaliar os cenários em que a produção de biodiesel pode induzir o aumento de preços das *commodities* agrícolas ou dos óleos vegetais, tanto no mercado doméstico como no internacional.

Ainda em relação à análise de insumo-produto, sugere-se uma extensão do trabalho aqui realizado usando-se um modelo híbrido de insumo-produto, no qual os setores e os produtos energéticos são contabilizados em unidades energéticas, evitando, assim, distorções causadas pelas diferenças de preços pagas pelo mesmo energético por diferentes setores, como é o caso da eletricidade (o valor do MWh pago pelo setor residencial é diferente daquele pago pelo setor industrial, que, por sua vez, é diferente daquele pago pelo setor comercial).

Outro aspecto importante, dadas as dimensões continentais do Brasil e suas grandes diferenças regionais, refere-se à provável diferença da magnitude dos impactos socioeconômicos quando se considera a inserção da produção de biodiesel nas diferentes regiões do país, principalmente quando se consideram suas diferentes vocações agrícolas. Nessa linha, sugere-se uma análise dos impactos regionais da expansão da produção de biodiesel no Brasil, que pode fazer uso de um modelo de insumo-produto ou de um modelo de equilíbrio geral interregional, desagregado nas regiões de maior expansão da atividade de produção de biodiesel, ou mesmo naquelas onde se quer avaliar os impactos de uma nova rota – por exemplo, o biodiesel obtido de óleo de palma na Região Norte.

O trabalho realizado nesta tese tomou como referência a estrutura da economia brasileira do ano de 2004, que foi o último ano a anteceder a primeira produção de biodiesel no Brasil. Outra possibilidade de avaliar os impactos socioeconômicos e ambientais da inserção dessa indústria no país pode ser uma análise contra factual, de tal modo que se estime uma matriz de insumo-produto para o ano de 2009 (a partir das Tabelas de Recursos e Usos de 2009¹⁵), na qual o setor de biodiesel poderá ser desagregado, e se avalie quais seriam os impactos, nesse ano, caso não existisse a indústria de biodiesel no país.

Finalmente, sugere-se um estudo para avaliar, em termos comparativos, quais seriam os impactos na economia brasileira (em termos de uma análise custos versus benefícios) se os subsídios concedidos à produção de biodiesel no país fossem direcionados para outras atividades da economia, como, por exemplo, nas áreas de educação, saúde e saneamento básico. Sugere-se, especialmente, uma avaliação comparativa, em relação à produção de biodiesel, para subsidiar a produção de alimentos por parte de agricultores familiares.

¹⁵ As Tabelas de Recursos e Usos do ano de 2009 foram disponibilizadas pelo IBGE no último trimestre de 2011.

Referências Bibliográficas

- AGRIANUAL. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. 2005. FNP Consultoria e Comércio, São Paulo, Brasil.
- Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE). 2011.
(www.abiove.com.br)
- BALAT, M. An Overview Of Biofuels and Policies In The European Union. **Energy Sources Part B-Economics Planning and Policy**, v. 2, n. 2, p. 167-181, 2007.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES), CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.
- BARROS, G. S. C., SILVA, A. P., PONCHIO, L. A., ALVES, L. R. A., OSAKI, M., CENAMO, M. Custos de produção de biodiesel no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v., p. 36-50, 2006.
- BIODIESELBR. **Anuário da Indústria de Biodiesel no Brasil 2004 – 2009**. Grupo BiodieselBR, Curitiba – PR, 2010.
- BP. **BP Statistical Review of World Energy – June 2011**. www.bp.com/statisticalreview
- BRANCO, A. M. **Política Energética e Crise de Desenvolvimento – a Antevisão de Catullo Branco**. Paz e Terra, 2002.
- BRASIL, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2010**. Rio de Janeiro: ANP, 2010.
- BRASIL, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. **Boletim Mensal do Biodiesel**. Superintendência de Refino e Processamento de Gás Natural, 2011.
- BRASIL, Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2010.

- BRASIL, Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior – ALICE. 2011.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia (MME). Biodiesel – Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. 2011.
Disponível em www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/historico.html
- BUENO, A. V. **Análise da operação de motores diesel com misturas parciais de biodiesel**. 2006. Tese de doutorado, Unicamp, Campinas.
- CASTELLANELLI, M., SOUZA, S. N. M., SILVA, S. L., KAILER, E. K. Desempenho de motor ciclo diesel em bancada dinamométrica utilizando misturas diesel/biodiesel. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 1, Jaboticabal, Jan-Mar 2008.
- CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY (CIA). **The World Factbook**.
Disponível em www.cia.gov/libray/publications/the-world-factbook
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**. Brasília, DF. 2009.
Disponível em www.cgge.org.br/publicacoes/bioetanol2_2009.php
- CUNHA, M. P. **Inserção do setor sucroalcooleiro na matriz energética do Brasil: uma análise de insumo-produto**. 2005. Dissertação de mestrado, Unicamp, Campinas.
- DEMIRBAS, A. Biofuels source, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. **Energy Conversion and Management**, v. 49, n. 8, p. 2106-2116, 2008.
- DEMIRBAS, A. Economic And Environmental Impacts Of The Liquid Biofuels. **Energy Education Science and Technology**, v. 22, n. 1, p. 37-58, Dec 2008.
- DEMIRBAS, A.H., DEMIRBAS, I. Importance Of Rural Bioenergy For developing Countries. **Energy Conversion And Management**, v. 48, n. 8, p. 2386-2398. Aug 2007.
- DUFFIELD, J.A. Biodiesel: Production And Economic Issues. **Inhalation Toxicology**, v. 19, n. 12, p. 1029-1031, 2007.

- EJIGU, M. Toward Energy And Livelihoods Security In Africa: Smallholder Production And Processing Of Bioenergy As a Strategy. **Natural Resources Forum**, v.32, n. 2, p.152-162, May 2008.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro, 2007.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Balanço Energético Nacional, ano base 2010. Rio de Janeiro, 2011. (www.mme.gov.br)
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – EIA. 2011
www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=PL
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – EIA: International Energy Outlook 2006.
(www.eia.doe.gov/oia/ieo/)
- EVANGELISTA JÚNIOR, F. **Inserção de um modelo agro-industrial de pequena escala na cadeia de produção do biodiesel baseado na cultura do girassol e no segmento agrícola familiar do semi-árido potiguar**. 2009. Tese de doutorado, Unicamp, Campinas.
- FEIJÓ, et al., **Contabilidade Social: O Novo Sistema de Contas Nacionais do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2001
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **World Agriculture: Towards 2015/2030 – An FAO Perspective**. Earthscan Publications Ltd, London, UK, 2003.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FAOSTAT** (2011) www.fao.org
- FURTADO, A. T. Structural Changes in the Brazilian Energy Matrix. **Terrae**, v. 6, p. 42-51, 2009.
- GRANDA, C.B., ZHU, L., HOLTZAPPLE, M.T. Sustainable Liquid Biofuels and Their Environmental Impact. **Environmental Progress**, v. 26, n. 3, p. 233-250, Oct 2007.
- GRAY, K.A. CELLULOSIC ETHANOL – State of The Technology. **International Sugar Journal**, v. 109, n. 1229, p. 145-+, Mar 2007.
- GUILHOTO, J. J. M., & SESSO, U. A. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia Aplicada**, v.9, n.2, p. 277–299, 2005.

- GUILHOTO, J. J. M., & SESSO, U. A. Estimação da matriz insumo-produto utilizando dados preliminares das contas nacionais: aplicação e análise de indicadores econômicos para o Brasil em 2005. 2010. Disponível em SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1836495>
- HENDRICKSON, C. T., LAVE, L. B., MATTHEWS, H. S. **Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services. An Input-Output Approach.** Washington, DC. RFF Press book, 2006.
- HOFFMANN, R., OLIVEIRA, F. C. R. Remuneração e características das pessoas ocupadas na agroindústria canavieira no Brasil, de 2002 a 2006. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER. Rio Branco, Acre, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). “Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPAG) de 2010”, 2011 (www.ibge.gov.br)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). “Pesquisa Industrial Anual (PIA) de 2001 a 2009”, 2003 a 2011 (www.ibge.gov.br)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). “Produção Agrícola Municipal (PAM) de 1990 a 2010”, 1991 a 2011 (www.ibge.gov.br)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). “Tabelas de Recursos e Usos de 2004 a 2008 - Contas Nacionais”, 2010 (www.ibge.gov.br)
- INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS – IPEA. “IPEADATA”, 2011 (www.ipeadata.gov.br)
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy Technology and Perspectives 2010 – Scenarios & Strategies to 2050.** IEA, Paris, France, 2010.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook 2009.** IEA, Paris, France, 2009.
- IPCC. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Paris, Brussels and Bangkok – 2007
- JACCARD, M. **Sustainable Fossil Fuels – The Unusual Suspect in the Quest for Clean and Enduring Energy.** New York, NY: Cambridge University Press. 2005

- KAHN RIBEIRO, S., S. KOBAYASHI, M. BEUTHE, J. GASCA, D. GREENE, D. S. LEE, Y. MUROMACHI, P. J. NEWTON, S. PLOTKIN, D. SPERLING, R. WIT, P. J. ZHOU. **Transport and its infrastructure. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007.
- KNOTHE, G., GERPEN, J. V., KRAHL, J., RAMOS, L. P. **Manual de Biodiesel.** São Paulo: Editora Edgard Blucher. 2006
- KULISIC, B., LOIZOU, E., ROZAKIS, S., et al. Impacts of biodiesel production on Croatian economy. **Energy Policy**, v. 35, n. 12, p. 6036-6045, Dec 2007
- LOPES, E. M. **Análise energética e da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir do sebo bovino.** 2006. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – SP.
- MACHADO, P. R. M. **Ésteres combustíveis em motor de ciclo diesel sob condições de pré-aquecimento e variação no avanço da injeção.** 2008. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.
- MILLER, R. E., E BLAIR, P. D. **Input-output analysis: Foundations and Extensions.** Second Edition. Cambridge University Press, New York, 2009.
- MOURAD, A. L. **Avaliação da produção de biodiesel a partir da soja em sua cadeia produtiva.** 2008. Tese de doutorado, Unicamp, Campinas.
- MOURAD, A. L., WALTER, A. C. S. The energy balance of soybean biodiesel in Brazil: a case study. **Biofuels, Bioproducts & Biorefining**, 5:185-197, 2011.
- NASS, L.L., PEREIRA, P.A.A., ELLIS, D. Biofuels In Brazil: An Overview. **Crop Science**, v. 47, n. 6, p 2228-2237, Nov-Dec 2007.
- O’CONNOR, D. **Biodiesel GHG emissions, past, present and future.** A report to IEA Bioenergy Task 39. Report T39-T1a, January 2011.

- OLIVEIRA, L. B. **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil**. 2004. Tese de doutorado, UFRJ-COPPE – Planejamento Energético, Rio de Janeiro.
- OLIVÉRIO, J.L. (2007). As usinas de açúcar e álcool (e eletricidade, e biodiesel, ... etc) – o estado da arte da tecnologia industrial. In: Congresso internacional de agroenergia e biocombustíveis. Junho 2007, Teresina – Piauí.
- OLIVÉRIO, J.L., BARREIRA, S.T., RANGEL, S.C.P. Integrated Biodiesel Production In Barralcool Sugar And Alcohol Mill. **Zuckerindustrie**, v. 133, n. 2, p. 94-100, Feb 2008.
- POUSA, G.P.A.G., SANTOS, A.L.F., SUAREZ, P.A.Z. History and Policy of Biodiesel In Brazil. **Energy Policy**, v. 35, n. 11, p. 5393-5398, Nov 2007.
- RAMOS, L.P., WILHELM, H.M. Current Status of Biodiesel Development In Brazil. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 121, p. 807-819, Sep 2005.
- RAMOS, R.L.O. Metodologias para o cálculo de coeficientes técnicos diretos em um modelo de insumo-produto. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, 1996.
- REN21. 2011. *Renewables 2011 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat.
- ROSILLO-CALLE, F., PELKMANS, L., WALTER, A. A global overview of vegetable oils, with reference to biodiesel. A report for the IEA Bioenergy Task 40. **IEA Bioenergy**. June, 2009.
- RUSSI, D. An Integrated Assessment Of a Large-Scale Biodiesel Production In Italy: Killing Several Birds With One Stone?. **Energy Policy**, v. 36, n. 3, p. 1169-1180, Mar 2008.
- RYAN, L. CONVERY, F., FERREIRA, S. Simulating The use of Biofuels In The European Union: Implications For Climate Change Policy. **Energy Policy**, v.34, n. 17, p. 3184-3194, Nov 2006.
- SAGAR, A.D.; KARTHA, S. Bioenergy and sustainable development? **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, p. 131-167, 2007.
- SANTOS, A. G. D. **Avaliação da estabilidade térmica e oxidativa do biodiesel de algodão, girassol, dendê, e sebo bovino**. 2010. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN.

- SCHOLZ, V., DA SILVA, J.N. Prospects And Risks Of The Use Of Castor Oil As a Fuel. **Biomass & Bioenergy**, v. 32, n. 2, p. 95-100, Feb 2008.
- SEABRA, J. E. A. **Avaliação técnico-econômica de opções para o aproveitamento integral da biomassa de cana no Brasil**. 2008. Tese de doutorado, Unicamp, Campinas.
- SIMON, C. P., BLUME, L. **Matemática para Economistas**. São Paulo. Editora Bookman, 2004.
- SOCOL, C.R., VANDENBERGHE, L.P.S., COSTA, B., et al. Brazilian Biofuel Program: An Overview. **Journal Of Scientific & Industrial Research**, v. 64, n. 11, p. 897-904, Nov 2005.
- SUAREZ, P.A.Z., MENEGHETTI, S.M.P. 70th Anniversary Of Biodiesel In 2007: Historical Evolution and Current Situation In Brazil. **Quimica Nova**, v. 30, n. 8, p. 2068-2071, 2007.
- THE AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION. **Soy Stats** (2011) www.soystats.com
- THE WORLD BANK. 2011. www.data.worldbank.org/indicator
- UNIÃO BRASILEIRA DO BIODIESEL (UBRABIO). O biodiesel e sua contribuição ao desenvolvimento brasileiro. Fundação Getúlio Vargas – FGV Projetos. Outubro 2010. Disponível em www.ubrablo.com.br/sites/1700/1729/00000201.pdf
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). **Human Development Report 2006**. Printed by Moriija Printing Works. Moriija, Lesotho, 2007.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). **Human Development Report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world**. 2007. UNDP, New York, USA.
- VAN DEN WALL BAKE, J. D., JUNGINGER, M., FAAIJ, A., POOT, T., WALTER, A. Explaining the experience curve: Cost reductions of Brazilian ethanol from sugarcane. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, p. 644-658, 2009.
- WINDHORST, H. W. Bio-energy production - a threat to the global egg industry? **World's Poultry Science Journal**, v. 63, p. 365-379, Sep 2007.
- WRIGHT, L. Worldwide Commercial Development of Bioenergy With a Focus On Energy Crop-Based Projects. **Biomass & Bioenergy**, v. 30, n. 8-9, p. 706-714, Aug-Sep 2006.

Anexo A

Listas de setores e produtos

Tabela A. 1 Lista de 42 setores (agregação 42 setores e 80 produtos)

Setor		Setor	
1	Agropecuária	22	Artigos do vestuário
2	Extrativa mineral	23	Fabricação de calçados
3	Extração de petróleo e gás	24	Indústria do café
4	Minerais não-metálicos	25	Beneficiamento de produtos vegetais
5	Siderurgia	26	Abate de animais
6	Metalurgia não-ferrosos	27	Indústria de laticínios
7	Outros metalúrgicos	28	Indústria de açúcar
8	Máquinas e tratores	29	Fabricação de óleos vegetais
9	Material elétrico	30	Outros produtos alimentares
10	Equipamentos eletrônicos	31	Indústrias diversas
11	Automóveis, caminhões e ônibus	32	Serviços industriais de utilidade pública
12	Outros veículos e peças	33	Construção civil
13	Madeira e mobiliário	34	Comércio
14	Papel e gráfica	35	Transporte
15	Indústria da borracha	36	Comunicações
16	Elementos químicos	37	Instituições financeiras
17	Refino do petróleo	38	Serviços prestados às famílias
18	Químicos diversos	39	Serviços prestados às empresas
19	Farmacêutica e de perfumaria	40	Aluguel de imóveis
20	Artigos de plástico	41	Administração pública
21	Indústria têxtil	42	Serviços privados não-mercantis

Tabela A. 2 Lista de 80 produtos (agregação 42 setores e 80 produtos)

Produto		Produto	
1	Café em coco	41	Produtos farmacêuticos e de perfumaria
2	Cana-de-açúcar	42	Artigos de plástico
3	Arroz em casca	43	Fios têxteis naturais
4	Trigo em grão	44	Tecidos naturais
5	Soja em grão	45	Fios têxteis artificiais
6	Algodão em caroço	46	Tecidos artificiais
7	Milho em grão	47	Outros produtos têxteis
8	Bovinos e suínos	48	Artigos do vestuário
9	Leite natural	49	Produtos de couro e calçados
10	Aves vivas	50	Produtos do café
11	Outros produtos agropecuários	51	Arroz beneficiado
12	Minério de ferro	52	Farinha de trigo
13	Outros minerais	53	Outros produtos vegetais beneficiados
14	Petróleo e gás	54	Carne bovina
15	Carvão e outros	55	Carne de aves abatidas
16	Produtos minerais não-metálicos	56	Leite beneficiado
17	Produtos siderúrgicos básicos	57	Outros laticínios
18	Laminados de aço	58	Açúcar
19	Produtos metalúrgicos básicos	59	Óleos vegetais em bruto
20	Outros produtos metalúrgicos	60	Óleos vegetais refinados
21	Fabricação e manutenção de máquinas e equipamentos	61	Outros produtos alimentares - inclusive rações
22	Tratores e máquinas terraplanagem	62	Bebidas
23	Material elétrico	63	Produtos diversos
24	Equipamentos eletrônicos	64	Serviços industriais de utilidade pública
25	Automóveis, caminhões e ônibus	65	Produtos da construção civil
26	Outros veículos e peças	66	Margem de comércio
27	Madeira e mobiliário	67	Margem de transporte
28	Papel, celulose, papelão e artefatos	68	Comunicações
29	Produtos derivados da borracha	69	Seguros
30	Elementos químicos não petroquímicos	70	Serviços financeiros
31	Álcool de cana e de cereais	71	Alojamento e alimentação
32	Gasolina pura	72	Outros serviços
33	Óleos combustíveis	73	Saúde e educação mercantis
34	Outros produtos do refino	74	Serviços prestados as empresas
35	Produtos petroquímicos básicos	75	Aluguel de imóveis
36	Resinas	76	Aluguel imputado
37	Gasóálcool	77	Administração pública
38	Adbos	78	Saúde pública
39	Tintas	79	Educação pública
40	Outros produtos químicos	80	Serviços não mercantis privados

Tabela A. 3 Lista de 56 setores (agregação 56 setores e 110 produtos)

Setor		Setor	
1	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	29	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos
2	Pecuária e pesca	30	Eletrodomésticos
3	Petróleo e gás natural	31	Máquinas para escritório e equipamentos de informática
4	Minério de ferro	32	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos
5	Outros da indústria extrativa	33	Material eletrônico e equipamentos de comunicações
6	Alimentos e Bebidas	34	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico
7	Produtos do fumo	35	Automóveis, camionetas e utilitários
8	Têxteis	36	Caminhões e ônibus
9	Artigos do vestuário e acessórios	37	Peças e acessórios para veículos automotores
10	Artefatos de couro e calçados	38	Outros equipamentos de transporte
11	Produtos de madeira - exclusive móveis	39	Móveis e produtos das indústrias diversas
12	Celulose e produtos de papel	40	Produção e distribuição de eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana
13	Jornais, revistas, discos	41	Construção civil
14	Refino de petróleo e coque	42	Comércio
15	Álcool	43	Transporte, armazenagem e correio
16	Produtos químicos	44	Serviços de informação
17	Fabricação de resina e elastômeros	45	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar e serviços relacionados
18	Produtos farmacêuticos	46	Atividades imobiliárias e aluguéis
19	Defensivos agrícolas	47	Serviços de manutenção e reparação
20	Perfumaria, higiene e limpeza	48	Serviços de alojamento e alimentação
21	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	49	Serviços prestados às empresas
22	Produtos e preparados químicos diversos	50	Educação mercantil
23	Artigos de borracha e plástico	51	Saúde mercantil
24	Cimento	52	Serviços prestados às famílias e associativas
25	Outros produtos de minerais não-metálicos	53	Serviços domésticos
26	Fabricação de aço e derivados	54	Educação pública
27	Metalurgia de metais não-ferrosos	55	Saúde pública
28	Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	56	Administração pública e seguridade social

Tabela A. 4 Lista de 110 produtos (agregação 56 setores e 110 produtos)

Produto		Produto	
1	Arroz em casca	56	Gasoálcool
2	Milho em grão	57	Óleo combustível
3	Trigo em grão e outros cereais	58	Óleo diesel
4	Cana-de-açúcar	59	Outros produtos do refino de petróleo e coque
5	Soja em grão	60	Álcool
6	Outros produtos e serviços da lavoura	61	Produtos químicos inorgânicos
7	Mandioca	62	Produtos químicos orgânicos
8	Fumo em folha	63	Fabricação de resina e elastômeros
9	Algodão herbáceo	64	Produtos farmacêuticos
10	Frutas cítricas	65	Defensivos agrícolas
11	Café em grão	66	Perfumaria, sabões e artigos de limpeza
12	Produtos da exploração florestal e da silvicultura	67	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas
13	Bovinos e outros animais vivos	68	Produtos e preparados químicos diversos
14	Leite de vaca e de outros animais	69	Artigos de borracha
15	Suínos vivos	70	Artigos de plástico
16	Aves vivas	71	Cimento
17	Ovos de galinha e de outras aves	72	Outros produtos de minerais não-metálicos
18	Pesca e aquicultura	73	Gusa e ferro-ligas
19	Petróleo e gás natural	74	Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço
20	Minério de ferro	75	Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos
21	Carvão mineral	76	Fundidos de aço
22	Minerais metálicos não-ferrosos	77	Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento
23	Minerais não-metálicos	78	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos
24	Abate e preparação de produtos de carne	79	Eletrodomésticos
25	Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	80	Máquinas para escritório e equipamentos de informática
26	Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada	81	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos
27	Pescado industrializado	82	Material eletrônico e equipamentos de comunicações
28	Conservas de frutas, legumes e outros vegetais	83	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico
29	Óleo de soja em bruto e tortas, bagaços e farelo de soja	84	Automóveis, camionetas e utilitários
30	Outros óleos e gordura vegetal e animal exclusive milho	85	Caminhões e ônibus
31	Óleo de soja refinado	86	Peças e acessórios para veículos automotores
32	Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	87	Outros equipamentos de transporte
33	Produtos do laticínio e sorvetes	88	Móveis e produtos das indústrias diversas
34	Arroz beneficiado e produtos derivados	89	Sucatas recicladas
35	Farinha de trigo e derivados	90	Produção e distribuição de eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana
36	Farinha de mandioca e outros	91	Construção civil
37	Óleos de milho, amidos e féculas vegetais e rações	92	Comércio
38	Produtos das usinas e do refino de açúcar	93	Transporte de carga
39	Café torrado e moído	94	Transporte de passageiro
40	Café solúvel	95	Correio
41	Outros produtos alimentares	96	Serviços de informação
42	Bebidas	97	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar e serviços relacionados
43	Produtos do fumo	98	Atividades imobiliárias e aluguéis
44	Beneficiamento de algodão e de outros têx e fiação	99	Aluguel imputado
45	Tecelagem	100	Serviços de manutenção e reparação
46	Fabricação outros produtos Têxteis	101	Serviços de alojamento e alimentação
47	Artigos do vestuário e acessórios	102	Serviços prestados às empresas
48	Preparação do couro e fabricação de artefatos - exclusive calçados	103	Educação mercantil
49	Fabricação de calçados	104	Saúde mercantil
50	Produtos de madeira - exclusive móveis	105	Serviços prestados às famílias
51	Celulose e outras pastas para fabricação de papel	106	Serviços associativos
52	Papel e papelão, embalagens e artefatos	107	Serviços domésticos
53	Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados	108	Educação pública
54	Gás liquefeito de petróleo	109	Saúde pública
55	Gasolina automotiva	110	Serviço público e seguridade social

Anexo B

Comparação dos impactos na economia em 2008 usando-se a matriz de insumo-produto estimada para 2004

Tabela B. 1 Erros cometidos no valor da produção da economia de 2008 usando-se a matriz de insumo-produto estimada para 2004

Setor	Erro	Setor	Erro
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	1,1%	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	3,9%
Pecuária e pesca	2,9%	Elerodomésticos	1,5%
Petróleo e gás natural	0,6%	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	2,1%
Minério de ferro	1,2%	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	7,7%
Outros da indústria extrativa	3,1%	Material eletrônico e equipamentos de comunicações	9,4%
Alimentos e Bebidas	1,3%	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	2,0%
Produtos do fumo	0,1%	Automóveis, camionetas e utilitários	0,7%
Têxteis	0,7%	Caminhões e ônibus	1,5%
Artigos do vestuário e acessórios	2,0%	Peças e acessórios para veículos automotores	3,7%
Artefatos de couro e calçados	0,9%	Outros equipamentos de transporte	4,2%
Produtos de madeira - exclusive móveis	6,3%	Móveis e produtos das indústrias diversas	5,4%
Celulose e produtos de papel	7,5%	Produção e distribuição de eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,0%
Jornais, revistas, discos	6,0%	Construção civil	1,2%
Refino de petróleo e coque	9,2%	Comércio	1,5%
Álcool	2,1%	Transporte, armazenagem e correio	0,8%
Produtos químicos	20,3%	Serviços de informação	5,2%
Fabricação de resina e elastômeros	34,1%	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar e serviços relacionados	13,1%
Produtos farmacêuticos	0,5%	Atividades imobiliárias e aluguéis	1,3%
Defensivos agrícolas	18,3%	Serviços de manutenção e reparação	1,6%
Perfumaria, higiene e limpeza	1,1%	Serviços de alojamento e alimentação	0,5%
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	6,5%	Serviços prestados às empresas	3,5%
Produtos e preparados químicos diversos	12,6%	Educação mercantil	0,6%
Artigos de borracha e plástico	8,5%	Saúde mercantil	0,6%
Cimento	12,4%	Serviços prestados às famílias e associativas	0,2%
Outros produtos de minerais não-metálicos	2,4%	Serviços domésticos	0,0%
Fabricação de aço e derivados	15,0%	Educação pública	0,1%
Metalurgia de metais não-ferrosos	3,1%	Saúde pública	0,6%
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	5,5%	Administração pública e seguridade social	0,2%

Anexo C

Matriz de coeficientes técnicos diretos

ProdutoXSetor	Produção verticalizada de biodiesel de soja	Produção de biodiesel a partir do óleo de soja	Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino	Produção de biodiesel a partir do óleo de algodão	Produção de biodiesel a partir do óleo de girassol familiar	Produção familiar de óleo de girassol para biodiesel	Produção de algodão	Produção de óleo de soja em bruto	Produção de óleo de algodão em bruto	Produção de óleo diesel mineral
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Algodão em pluma	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caroço de algodão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7334	0,0000
Feijão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja em bruto	0,0000	1,9424	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de algodão em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	1,9157	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de girassol em bruto para biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,8478	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Totas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	0,0000	0,0000	0,0097	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Abate e preparação de produtos da carne	0,0000	0,0000	0,0448	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerol em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel	0,0041	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0289	0,0316	0,0033	0,0033	0,0004
Soja	0,8930	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7304	0,0000	0,0000
Cana	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trigo em grão e outros cereais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Milho em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Arroz em casca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mandioca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fumo em folha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frutas cítricas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Café em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da exploração florestal e da silvicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos e serviços da lavoura	0,0000	0,0000	0,0072	0,0000	0,0000	0,0124	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Bovinos e outros animais vivos	0,0000	0,0000	0,4812	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Leite de vaca e de outros animais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Suínos vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Aves vivas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ovos de galinha e de outras aves	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pesca e aquicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Petróleo e gás natural	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5090
Minério de ferro	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carvão mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais metálicos não-ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003
Minerais não-metálicos	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000
Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

ProdutoXSetor	Produção verticalizada de biodiesel de soja	Produção de biodiesel a partir do óleo de soja	Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino	Produção de biodiesel a partir do óleo de algodão	Produção de biodiesel a partir do óleo de girassol familiar	Produção familiar de óleo de girassol para biodiesel	Produção de algodão	Produção de óleo de soja em bruto	Produção de óleo de algodão em bruto	Produção de óleo diesel mineral
Outros produtos de minerais não-metálicos	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000
Gusa e ferro-ligas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000
Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fundidos de aço	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento	0,0065	0,0000	0,0038	0,0000	0,0000	0,0000	0,0039	0,0053	0,0053	0,0028
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	0,0025	0,0000	0,0037	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0020	0,0020	0,0043
Eletrodomésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,0014	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0011	0,0011	0,0035
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Automóveis, camionetas e utilitários	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caminhões e ônibus	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Peças e acessórios para veículos automotores	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,0001	0,0001	0,0003
Outros equipamentos de transporte	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Móveis e produtos das indústrias diversas	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000
Sucatas recicladas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,0189	0,0364	0,0172	0,0364	0,0364	0,0074	0,0046	0,0084	0,0084	0,0120
Construção	0,0004	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0004	0,0013
Comércio	0,0680	0,0197	0,0424	0,0196	0,0191	0,0245	0,0363	0,0542	0,0150	0,0030
Transporte de carga	0,0174	0,0388	0,0320	0,0383	0,0371	0,0058	0,0161	0,0134	0,0082	0,0143
Transporte de passageiro	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0043
Correio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0030
Serviços de informação	0,0016	0,0000	0,0052	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0013	0,0013	0,0059
Intermediação financeira e seguros	0,0187	0,0000	0,0096	0,0000	0,0000	0,0000	0,0117	0,0153	0,0153	0,0135
Serviços imobiliários e aluguel	0,0020	0,0000	0,0017	0,0000	0,0000	0,0203	0,0006	0,0017	0,0017	0,0072
Aluguel imputado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços de manutenção e reparação	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0078	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002
Serviços de alojamento e alimentação	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003	0,0013
Serviços prestados às empresas	0,0036	0,0000	0,0026	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0030	0,0030	0,0151
Educação mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços prestados às famílias	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Serviços associativos	0,0007	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0006	0,0006	0,0010
Serviços domésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Educação pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviço público e seguridade social	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel importado	0,0004	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0027	0,0029	0,0003	0,0003	0,0000
Resto da importação	0,0099	0,0000	0,0067	0,0000	0,0000	0,0502	0,0724	0,0081	0,0041	0,2414
IIL	0,0363	0,0740	0,0513	0,0734	0,0720	0,0210	0,0361	0,0234	0,0174	0,0115
L	0,0395	0,0261	0,1290	0,0261	0,0261	0,4959	0,1149	0,0273	0,0273	0,0289
K	0,1095	0,0464	0,1152	0,0464	0,0464	0,1256	0,3739	0,0806	0,1319	0,0950
ID	-0,3583	-1,6368	0,0064	-1,6088	-1,5379	0,0000	0,0018	0,0062	0,0062	0,0101
Pessoal ocupado (por R\$ mi)	1,2553	0,8293	7,6841	0,8293	0,8293	443,3629	19,5612	0,8664	0,8664	0,2220

ProdutoXSetor	Misturador a de óleo diesel doméstico	Produção de soja	Produção de cana	Resto da agricultura	Pecuária e pesca	Abate de bovinos	Atividade de benef. de fibras naturais e fiiação	Resto da indústria têxtil	Fabricaçã o de ração animal	Indústria de açúcar
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Algodão em pluma	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2677	0,0000	0,0000	0,0000
Caroço de algodão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0017	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Feijão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0152	0,0028	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de algodão em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de girassol em bruto para biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Totas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0099	0,0000	0,0000	0,2161	0,0000
Abate e preparação de produtos da carne	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0453	0,0000	0,0000	0,0033	0,0000
Glicerol em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel mineral	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel	0,0000	0,0297	0,0410	0,0098	0,0167	0,0019	0,0094	0,0094	0,0000	0,0000
Soja	0,0000	0,0592	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cana	0,0000	0,0000	0,0151	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2899
Trigo em grão e outros cereais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0118	0,0000
Milho em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0075	0,0633	0,0000	0,0000	0,0000	0,2796	0,0000
Arroz em casca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0152	0,0024	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mandioca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0232	0,0043	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fumo em folha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frutas cítricas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0017	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Café em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da exploração florestal e da silvicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0149	0,0034	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Outros produtos e serviços da lavoura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0064	0,0030	0,0073	0,0000	0,0092	0,0000	0,0000
Bovinos e outros animais vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0122	0,4868	0,0000	0,0058	0,0000	0,0000
Leite de vaca e de outros animais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0025	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Suínos vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Aves vivas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ovos de galinha e de outras aves	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0299	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pesca e aquicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Petróleo e gás natural	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minério de ferro	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carvão mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais metálicos não- ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais não-metálicos	0,0000	0,0013	0,0016	0,0013	0,0132	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

ProdutoXSetor	Misturador a de óleo diesel doméstico	Produção de soja	Produção de cana	Resto da agricultura	Pecuária e pesca	Abate de bovinos	Atividade de benef. de fibras naturais e fiação	Resto da indústria têxtil	Fabricaçã o de ração animal	Indústria de açúcar
Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pescado industrializado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Conservas de frutas, legumes e outros vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros óleos e gordura animal exclusive milho	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0036	0,0000
Óleo de soja refinado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos do laticínio e sorvetes	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Arroz beneficiado e produtos derivados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Farinha de trigo e derivados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0558	0,0000
Farinha de mandioca e outros	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0247	0,0000
Óleos de milho, amidos e féculas vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0055	0,0000	0,0000	0,0102	0,0006
Rações	0,0000	0,0000	0,0000	0,0107	0,1501	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos das usinas e do refino de açúcar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1639
Café torrado e moído	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Café solúvel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos alimentares	0,0000	0,0013	0,0000	0,0015	0,0133	0,0037	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000
Bebidas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos do fumo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Beneficiamento de algodão e de outros têxte e fiação	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2068	0,0000	0,0000
Tecelagem	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0419	0,0000	0,0000
Fabricação outros produtos Têxteis	0,0000	0,0016	0,0019	0,0015	0,0022	0,0000	0,0000	0,0591	0,0017	0,0009
Artigos do vestuário e acessórios	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Preparação do couro e fabricação de artefatos - exclusive calçados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação de calçados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos de madeira - exclusive móveis	0,0000	0,0019	0,0023	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000
Celulose e outras pastas para fabricação de papel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Papel e papelão, embalagens e artefatos	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004	0,0035	0,0035	0,0121	0,0028
Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000	0,0000
Gás liquefeito de petróleo	0,0000	0,0003	0,0003	0,0003	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gasolina automotiva	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gasoálcool	0,0000	0,0007	0,0009	0,0007	0,0012	0,0002	0,0012	0,0012	0,0013	0,0012
Óleo combustível	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016	0,0013	0,0093	0,0093	0,0045	0,0074
Outros produtos do refino de petróleo e coque	0,0000	0,0017	0,0021	0,0017	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0008	0,0001
Álcool	0,0000	0,0005	0,0006	0,0005	0,0006	0,0000	0,0004	0,0004	0,0000	0,0003
Produtos químicos inorgânicos	0,0000	0,1147	0,0880	0,0942	0,0180	0,0000	0,0029	0,0029	0,0002	0,0030
Produtos químicos orgânicos	0,0000	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0003	0,0172	0,0172	0,0024	0,0000
Metanol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação de resina e elastômeros	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0513	0,0513	0,0004	0,0001
Produtos farmacêuticos	0,0000	0,0015	0,0019	0,0015	0,0174	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Defensivos agrícolas	0,0000	0,0790	0,0365	0,0273	0,0039	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Perfumaria, sabões e artigos de limpeza	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000	0,0000
Produtos e preparados químicos diversos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0006	0,0024	0,0024	0,0022	0,0047
Artigos de borracha	0,0000	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0009	0,0009	0,0006	0,0008
Artigos de plástico	0,0000	0,0039	0,0048	0,0038	0,0005	0,0055	0,0055	0,0055	0,0031	0,0041
Cimento	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Produto\Setor	Misturador a de óleo diesel doméstico	Produção de soja	Produção de cana	Resto da agricultura	Pecuária e pesca	Abate de bovinos	Atividade de benef. de fibras naturais e fiação	Resto da indústria têxtil	Fabricaçã o de ração animal	Indústria de açúcar
Outros produtos de minerais não-metálicos	0,0000	0,0009	0,0011	0,0009	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0005	0,0003
Gusa e ferro-ligas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fundidos de aço	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento	0,0000	0,0039	0,0048	0,0038	0,0016	0,0038	0,0000	0,0000	0,0036	0,0130
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0037	0,0095	0,0095	0,0022	0,0129
Eletrodomésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0013	0,0003	0,0003	0,0004	0,0004
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Automóveis, camionetas e utilitários	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caminhões e ônibus	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Peças e acessórios para veículos automotores	0,0000	0,0013	0,0016	0,0013	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0007
Outros equipamentos de transporte	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Móveis e produtos das indústrias diversas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000
Sucatas recicladas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,0000	0,0046	0,0057	0,0045	0,0074	0,0170	0,0359	0,0359	0,0131	0,0076
Construção	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0006	0,0006	0,0001	0,0001
Comércio	0,0000	0,0379	0,0214	0,0230	0,0492	0,0428	0,0210	0,0528	0,0557	0,0241
Transporte de carga	0,0000	0,0168	0,0160	0,0168	0,0111	0,0324	0,0150	0,0205	0,0332	0,0195
Transporte de passageiro	0,0000	0,0007	0,0007	0,0007	0,0009	0,0000	0,0014	0,0014	0,0000	0,0000
Correio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000	0,0000
Serviços de informação	0,0000	0,0012	0,0015	0,0012	0,0038	0,0053	0,0013	0,0013	0,0019	0,0034
Intermediação financeira e seguros	0,0000	0,0117	0,0144	0,0114	0,0097	0,0097	0,0161	0,0161	0,0142	0,0155
Serviços imobiliários e aluguel	0,0000	0,0006	0,0007	0,0006	0,0006	0,0018	0,0021	0,0021	0,0019	0,0028
Aluguel imputado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços de manutenção e reparação	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0000
Serviços de alojamento e alimentação	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000
Serviços prestados às empresas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0026	0,0109	0,0109	0,0092	0,0080
Educação mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços prestados às famílias	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
Serviços associativos	0,0000	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0006	0,0005	0,0005	0,0002	0,0006
Serviços domésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Educação pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviço público e seguridade social	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel importado	0,0000	0,0027	0,0038	0,0009	0,0015	0,0002	0,0009	0,0009	0,0000	0,0000
Resto da importação	0,0000	0,0520	0,0348	0,0361	0,0230	0,0068	0,0282	0,0543	0,0236	0,0096
IIL	0,0000	0,0289	0,0270	0,0193	0,0357	0,0515	0,0237	0,0383	0,0224	0,0243
L	0,0000	0,1877	0,3025	0,5793	0,4858	0,1302	0,1868	0,1868	0,0817	0,1174
K	0,0000	0,3490	0,3639	0,0514	0,0063	0,1114	0,2663	0,1332	0,0911	0,2515
ID	0,0000	0,0018	0,0022	0,0017	0,0073	0,0064	0,0063	0,0063	0,0064	0,0083
Pessoal ocupado (por R\$ mi)	0,0000	10,3395	45,5221	141,4516	85,9427	7,7641	25,8605	25,8605	7,1974	9,2987

ProdutoXSetor	Alimentos e Bebidas	Produtos do fumo	Petróleo e gás natural	Minério de ferro	Outros da indústria extrativa	Artigos do vestuário e acessórios	Artefatos de couro e calçados	Produtos de madeira - exclusivos móveis	Celulose e produtos de papel	Jornais, revistas, discos
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Algodão em pluma	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caroço de algodão	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Feijão	0,0072	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja em bruto	0,0423	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de algodão em bruto	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de girassol em bruto para biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Totas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	0,0410	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000
Abate e preparação de produtos da carne	0,0033	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0957	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerol em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel	0,0027	0,0006	0,0126	0,0161	0,0365	0,0010	0,0024	0,0166	0,0007	0,0000
Soja	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cana	0,0028	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trigo em grão e outros cereais	0,0168	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Milho em grão	0,0168	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Arroz em casca	0,0377	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mandioca	0,0109	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fumo em folha	0,0000	0,4270	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0021	0,0000
Frutas cítricas	0,0247	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Café em grão	0,0216	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da exploração florestal e da silvicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0949	0,0706	0,0000
Outros produtos e serviços da lavoura	0,0062	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Bovinos e outros animais vivos	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Leite de vaca e de outros animais	0,0564	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Suínos vivos	0,0250	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Aves vivas	0,0642	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ovos de galinha e de outras aves	0,0042	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pesca e aquicultura	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Petróleo e gás natural	0,0000	0,0000	0,0340	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minério de ferro	0,0000	0,0000	0,0000	0,0719	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carvão mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
Minerais metálicos não-ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0209	0,0263	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais não-metálicos	0,0003	0,0000	0,0000	0,0006	0,0426	0,0000	0,0012	0,0000	0,0016	0,0000
Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	0,0114	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

ProdutoXSetor	Alimentos e Bebidas	Produtos do fumo	Petróleo e gás natural	Minério de ferro	Outros da indústria extrativa	Artigos do vestuário e acessórios	Artefatos de couro e calçados	Produtos de madeira - exclusive móveis	Celulose e produtos de papel	Jornais, revistas, discos
Outros produtos de minerais não-metálicos	0,0039	0,0000	0,0037	0,0006	0,0008	0,0000	0,0031	0,0001	0,0011	0,0003
Gusa e ferro-ligas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0027	0,0000	0,0000	0,0022	0,0003	0,0004
Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0044	0,0000	0,0001	0,0003	0,0033	0,0028
Fundidos de aço	0,0001	0,0000	0,0022	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento	0,0109	0,0067	0,0519	0,0099	0,0172	0,0000	0,0109	0,0132	0,0161	0,0002
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	0,0039	0,0033	0,0294	0,0234	0,0213	0,0021	0,0054	0,0081	0,0111	0,0025
Eletrodomésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,0013	0,0010	0,0114	0,0008	0,0043	0,0000	0,0026	0,0010	0,0006	0,0001
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Automóveis, camionetas e utilitários	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caminhões e ônibus	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Peças e acessórios para veículos automotores	0,0005	0,0002	0,0000	0,0011	0,0011	0,0001	0,0001	0,0003	0,0004	0,0001
Outros equipamentos de transporte	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Móveis e produtos das indústrias diversas	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0051	0,0016	0,0000	0,0000	0,0000
Sucatas recicladas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0025	0,0000
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,0169	0,0097	0,0610	0,0284	0,0415	0,0087	0,0174	0,0236	0,0455	0,0096
Construção	0,0004	0,0004	0,0199	0,0000	0,0001	0,0003	0,0003	0,0007	0,0009	0,0003
Comércio	0,0610	0,0262	0,0183	0,0225	0,0347	0,0701	0,0724	0,0369	0,0309	0,0370
Transporte de carga	0,0265	0,0384	0,0928	0,0647	0,0739	0,0124	0,0230	0,0286	0,0300	0,0199
Transporte de passageiro	0,0032	0,0019	0,0075	0,0018	0,0016	0,0021	0,0025	0,0018	0,0024	0,0018
Correio	0,0009	0,0002	0,0048	0,0122	0,0029	0,0000	0,0007	0,0009	0,0000	0,0000
Serviços de informação	0,0027	0,0047	0,0300	0,0185	0,0080	0,0004	0,0048	0,0016	0,0029	0,0147
Intermediação financeira e seguros	0,0141	0,0226	0,0127	0,0304	0,0120	0,0093	0,0150	0,0135	0,0206	0,0125
Serviços imobiliários e aluguel	0,0049	0,0023	0,0538	0,0071	0,0048	0,0045	0,0022	0,0020	0,0034	0,0066
Aluguel imputado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços de manutenção e reparação	0,0013	0,0014	0,0000	0,0030	0,0010	0,0001	0,0011	0,0002	0,0006	0,0044
Serviços de alojamento e alimentação	0,0006	0,0027	0,0019	0,0216	0,0031	0,0000	0,0000	0,0015	0,0009	0,0013
Serviços prestados às empresas	0,0223	0,0267	0,0657	0,0230	0,0128	0,0063	0,0098	0,0061	0,0133	0,0569
Educação mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços prestados às famílias	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços associativos	0,0004	0,0000	0,0010	0,0007	0,0005	0,0003	0,0009	0,0001	0,0000	0,0000
Serviços domésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Educação pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviço público e seguridade social	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel importado	0,0002	0,0001	0,0012	0,0015	0,0034	0,0001	0,0002	0,0015	0,0001	0,0000
Resto da importação	0,0337	0,0185	0,0512	0,0383	0,0571	0,0356	0,0440	0,0270	0,0484	0,0385
IIL	0,0445	0,0674	0,0528	0,0376	0,0493	0,0348	0,0461	0,0425	0,0481	0,0372
L	0,1031	0,0817	0,1081	0,0641	0,1579	0,3577	0,2193	0,1858	0,1333	0,2359
K	0,0675	0,1159	0,2431	0,4061	0,2618	0,0494	0,0419	0,2003	0,2110	0,2334
ID	0,0072	0,0070	0,0034	0,0076	0,0071	0,0070	0,0096	0,0079	0,0087	0,0089
Pessoal ocupado (por R\$ mi)	9,9921	2,3585	0,7790	1,3046	16,7920	68,2450	26,7682	24,7239	4,9232	13,1076

ProdutoXSetor	Refino de petróleo e coque	Álcool	Produtos químicos	Fabricação de resina e elastômeros	Produtos farmacêuticos	Defensivos agrícolas	Perfumaria, higiene e limpeza	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	Produt. e preparad. químicos diversos	Artigos de borracha e plástico
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Algodão em pluma	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caroço de algodão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Feijão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja em bruto	0,0000	0,0135	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0054	0,0021	0,0003	0,0000
Óleo de algodão em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de girassol em bruto para biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Totas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0375	0,0005	0,0021	0,0000
Abate e preparação de produtos da carne	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0009	0,0000	0,0358	0,0003	0,0001	0,0001
Glicerol em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000
Óleo diesel mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel	0,0004	0,0045	0,0010	0,0009	0,0006	0,0004	0,0000	0,0024	0,0000	0,0046
Soja	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cana	0,0000	0,3818	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000
Trigo em grão e outros cereais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Milho em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Arroz em casca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mandioca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fumo em folha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frutas cítricas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,0000
Café em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da exploração florestal e da silvicultura	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0002	0,0026	0,0000	0,0002
Outros produtos e serviços da lavoura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0036	0,0066
Bovinos e outros animais vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Leite de vaca e de outros animais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Suínos vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Aves vivas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ovos de galinha e de outras aves	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pesca e aquicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Petróleo e gás natural	0,5105	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minério de ferro	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000
Carvão mineral	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais metálicos não-ferrosos	0,0003	0,0000	0,0070	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0003	0,0000
Minerais não-metálicos	0,0000	0,0000	0,0595	0,0008	0,0004	0,0005	0,0003	0,0085	0,0058	0,0000
Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

ProdutoXSetor	Refino de petróleo e coque	Álcool	Produtos químicos	Fabricação de resina e elastômeros	Produtos farmacêuticos	Defensivos agrícolas	Perfumaria, higiene e limpeza	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	Produt. e preparad. químicos diversos	Artigos de borracha e plástico
Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pescado industrializado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Conservas de frutas, legumes e outros vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Outros óleos e gordura animal exclusive milho	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja refinado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0005	0,0212	0,0000	0,0000
Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos do laticínio e sorvetes	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0026	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
Arroz beneficiado e produtos derivados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Farinha de trigo e derivados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Farinha de mandioca e outros	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleos de milho, amidos e féculas vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Rações	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos das usinas e do refino de açúcar	0,0000	0,0189	0,0001	0,0000	0,0032	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000
Café torrado e moído	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Café solúvel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos alimentares	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
Bebidas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos do fumo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Beneficiamento de algodão e de outros têxteis e fiação	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007
Tecelagem	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0073	0,0023
Fabricação outros produtos Têxteis	0,0000	0,0023	0,0007	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0014	0,0079
Artigos do vestuário e acessórios	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Preparação do couro e fabricação de artefatos - exclusive calçados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação de calçados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos de madeira - exclusive móveis	0,0000	0,0000	0,0004	0,0002	0,0000	0,0009	0,0060	0,0000	0,0149	0,0002
Celulose e outras pastas para fabricação de papel	0,0000	0,0000	0,0007	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Papel e papelão, embalagens e artefatos	0,0001	0,0019	0,0022	0,0004	0,0140	0,0083	0,0192	0,0008	0,0213	0,0149
Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados	0,0002	0,0000	0,0015	0,0002	0,0086	0,0036	0,0011	0,0055	0,0099	0,0029
Gás liquefeito de petróleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000
Gasolina automotiva	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gasóilcool	0,0001	0,0006	0,0000	0,0007	0,0021	0,0010	0,0001	0,0035	0,0000	0,0010
Óleo combustível	0,0000	0,0041	0,0060	0,0020	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0012	0,0043
Outros produtos do refino de petróleo e coque	0,0012	0,0000	0,1496	0,0162	0,0008	0,0003	0,0014	0,0175	0,0038	0,0092
Álcool	0,0000	0,0000	0,0026	0,0004	0,0106	0,0600	0,0289	0,0162	0,0000	0,0001
Produtos químicos inorgânicos	0,0025	0,0016	0,1152	0,0339	0,0180	0,0300	0,0234	0,1561	0,0309	0,0142
Produtos químicos orgânicos	0,0039	0,0001	0,0432	0,3228	0,0337	0,1137	0,0712	0,0659	0,0971	0,0621
Metanol	0,0000	0,0000	0,0025	0,0009	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022	0,0000
Fabricação de resina e elastômeros	0,0000	0,0000	0,0014	0,0390	0,0001	0,0000	0,0246	0,0687	0,1139	0,2268
Produtos farmacêuticos	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0485	0,0010	0,0004	0,0000	0,0009	0,0000
Defensivos agrícolas	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	0,0108	0,1373	0,0004	0,0129	0,0005	0,0004
Perfumaria, sabões e artigos de limpeza	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000	0,0029	0,0007	0,0280	0,0008	0,0010	0,0000
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0005	0,0023	0,0027	0,0029
Produtos e preparados químicos diversos	0,0012	0,0007	0,0194	0,0289	0,0297	0,0283	0,0564	0,0118	0,0501	0,0099
Artigos de borracha	0,0009	0,0006	0,0011	0,0003	0,0036	0,0019	0,0021	0,0008	0,0055	0,0063
Artigos de plástico	0,0000	0,0086	0,0020	0,0034	0,0158	0,0411	0,0172	0,0045	0,0160	0,0378
Cimento	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000

Produto\Setor	Refino de petróleo e coque	Álcool	Produtos químicos	Fabricação de resina e elastômeros	Produtos farmacêuticos	Defensivos agrícolas	Perfumaria, higiene e limpeza	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	Produt. e preparad. químicos diversos	Artigos de borracha e plástico
Outros produtos de minerais não-metálicos	0,0000	0,0018	0,0039	0,0004	0,0126	0,0088	0,0079	0,0102	0,0055	0,0002
Gusa e ferro-ligas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	0,0000	0,0000	0,0008	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0001	0,0004	0,0107
Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0008	0,0000	0,0000	0,0027	0,0009	0,0013
Fundidos de aço	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento	0,0028	0,0110	0,0085	0,0038	0,0105	0,0256	0,0024	0,0371	0,0114	0,0089
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	0,0044	0,0124	0,0114	0,0068	0,0027	0,0027	0,0050	0,0041	0,0034	0,0072
Eletrodomésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,0035	0,0004	0,0010	0,0003	0,0041	0,0002	0,0004	0,0008	0,0035	0,0035
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003	0,0000	0,0011	0,0000	0,0002
Automóveis, camionetas e utilitários	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caminhões e ônibus	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Peças e acessórios para veículos automotores	0,0003	0,0005	0,0004	0,0001	0,0003	0,0002	0,0001	0,0006	0,0005	0,0021
Outros equipamentos de transporte	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Móveis e produtos das indústrias diversas	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0008
Sucatas recicladas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,0120	0,0098	0,0421	0,0399	0,0140	0,0149	0,0099	0,0236	0,0414	0,0260
Construção	0,0013	0,0002	0,0004	0,0006	0,0007	0,0003	0,0003	0,0077	0,0003	0,0026
Comércio	0,0086	0,0091	0,0488	0,0312	0,0559	0,0524	0,0551	0,0440	0,0361	0,0415
Transporte de carga	0,0136	0,0153	0,0284	0,0169	0,0198	0,0161	0,0272	0,0259	0,0221	0,0213
Transporte de passageiro	0,0043	0,0012	0,0025	0,0020	0,0104	0,0016	0,0018	0,0017	0,0017	0,0014
Correio	0,0030	0,0001	0,0003	0,0016	0,0112	0,0026	0,0000	0,0049	0,0009	0,0017
Serviços de informação	0,0059	0,0021	0,0045	0,0025	0,0215	0,0127	0,0037	0,0156	0,0220	0,0092
Intermediação financeira e seguros	0,0135	0,0128	0,0356	0,0286	0,0160	0,0286	0,0149	0,0165	0,0207	0,0176
Serviços imobiliários e aluguel	0,0072	0,0014	0,0020	0,0012	0,0038	0,0015	0,0025	0,0024	0,0033	0,0033
Aluguel imputado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços de manutenção e reparação	0,0002	0,0006	0,0011	0,0003	0,0041	0,0005	0,0020	0,0027	0,0038	0,0010
Serviços de alojamento e alimentação	0,0013	0,0010	0,0006	0,0000	0,0009	0,0000	0,0004	0,0008	0,0023	0,0010
Serviços prestados às empresas	0,0151	0,0084	0,0091	0,0085	0,0728	0,0209	0,0414	0,0253	0,0229	0,0099
Educação mercantil	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços prestados às famílias	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Serviços associativos	0,0010	0,0008	0,0005	0,0000	0,0009	0,0000	0,0001	0,0000	0,0021	0,0008
Serviços domésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Educação pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviço público e seguridade social	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel importado	0,0000	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0004
Resto da importação	0,2429	0,0082	0,1245	0,1365	0,0604	0,0989	0,0679	0,1036	0,0994	0,1026
IIL	0,0077	0,0241	0,0468	0,0369	0,0446	0,0493	0,0421	0,0421	0,0451	0,0399
L	0,0281	0,0930	0,0695	0,0586	0,4974	0,0706	0,1414	0,1414	0,1507	0,1622
K	0,0944	0,3405	0,1291	0,1633	0,2202	0,1534	0,2038	0,0669	0,0946	0,0972
ID	0,0072	0,0058	0,0072	0,0074	0,0089	0,0081	0,0076	0,0086	0,0089	0,0092
Pessoal ocupado (por R\$ mi)	0,2156	5,9578	1,7510	0,9952	4,7439	1,0504	6,4520	3,5835	6,1722	7,7597

ProdutoXSetor	Cimento	Outros prod. de minerais não-metálicos	Fabricação de aço e derivados	Metalurgia de metais não-ferrosos	Produtos de metal - exclus. Máquin. e equipam.	Máquin. e equipam., inclusive manut. e reparos	Eletrodomésticos	Máquin. p/ escrit. e equipam. de informát.	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	Material eletrônico e equipam. de comunicações
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Algodão em pluma	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caroço de algodão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Feijão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de algodão em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de girassol em bruto para biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Totas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Abate e preparação de produtos da carne	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerol em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel	0,0061	0,0034	0,0007	0,0059	0,0000	0,0023	0,0108	0,0088	0,0053	0,0252
Soja	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cana	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trigo em grão e outros cereais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Milho em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Arroz em casca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mandioca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fumo em folha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frutas cítricas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Café em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da exploração florestal e da silvicultura	0,0000	0,0036	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos e serviços da lavoura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Bovinos e outros animais vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Leite de vaca e de outros animais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Suínos vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Aves vivas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ovos de galinha e de outras aves	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pesca e aquicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Petróleo e gás natural	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minério de ferro	0,0005	0,0054	0,0696	0,0000	0,0000	0,0031	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carvão mineral	0,0008	0,0000	0,0072	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais metálicos não-ferrosos	0,0005	0,0069	0,0142	0,0651	0,0059	0,0008	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000
Minerais não-metálicos	0,0100	0,0405	0,0038	0,0122	0,0030	0,0007	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000
Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Produto\Setor	Cimento	Outros prod. de minerais não-metálicos	Fabricação de aço e derivados	Metalurgia de metais não-ferrosos	Produtos de metal - exclus. Máquin. e equipam.	Máquin. e equipam., inclusive manut. e reparos	Eletrodomésticos	Máquin. p/ escrit. e equipam. de informát.	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	Material eletrônico e equipam. de comunicações
Outros produtos de minerais não-metálicos	0,0169	0,0418	0,0072	0,0051	0,0024	0,0012	0,0234	0,0000	0,0084	0,0050
Gusa e ferro-ligas	0,0000	0,0000	0,0153	0,0044	0,0015	0,0053	0,0000	0,0000	0,0068	0,0000
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	0,0171	0,0053	0,1092	0,0229	0,1850	0,1368	0,1386	0,0028	0,0530	0,0082
Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	0,0002	0,0025	0,0095	0,0595	0,0464	0,0458	0,0052	0,0001	0,0394	0,0132
Fundidos de aço	0,0051	0,0015	0,0077	0,0271	0,0041	0,0040	0,0015	0,0000	0,0031	0,0004
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento	0,0034	0,0067	0,0244	0,0380	0,0411	0,0708	0,0229	0,0099	0,0377	0,0299
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	0,0142	0,0147	0,0155	0,0112	0,0103	0,0416	0,0568	0,0038	0,0070	0,0009
Eletrodomésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0147	0,0000	0,0000	0,0013
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0338	0,0001	0,0001
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,0091	0,0023	0,0008	0,0020	0,0008	0,0276	0,0314	0,0282	0,0820	0,0829
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,0000	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0039	0,0000	0,2806	0,0056	0,1958
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0047	0,0115	0,0000	0,0049	0,0001
Automóveis, camionetas e utilitários	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0059	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caminhões e ônibus	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Peças e acessórios para veículos automotores	0,0021	0,0008	0,0004	0,0003	0,0002	0,0229	0,0001	0,0001	0,0095	0,0001
Outros equipamentos de transporte	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Móveis e produtos das indústrias diversas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000
Sucatas recicladas	0,0000	0,0006	0,0057	0,0039	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,0514	0,0675	0,0511	0,0939	0,0256	0,0165	0,0119	0,0058	0,0249	0,0104
Construção	0,0020	0,0028	0,0004	0,0009	0,0003	0,0005	0,0013	0,0002	0,0011	0,0031
Comércio	0,0416	0,0592	0,0254	0,0275	0,0265	0,0446	0,0524	0,0843	0,0411	0,0736
Transporte de carga	0,0659	0,0261	0,0462	0,0319	0,0256	0,0246	0,0223	0,0184	0,0201	0,0208
Transporte de passageiro	0,0021	0,0019	0,0019	0,0022	0,0022	0,0020	0,0065	0,0018	0,0046	0,0022
Correio	0,0059	0,0010	0,0001	0,0014	0,0003	0,0049	0,0103	0,0019	0,0082	0,0074
Serviços de informação	0,0073	0,0045	0,0173	0,0023	0,0027	0,0190	0,0252	0,0086	0,0256	0,0398
Intermediação financeira e seguros	0,0181	0,0154	0,0226	0,0229	0,0153	0,0288	0,0193	0,0126	0,0193	0,0291
Serviços imobiliários e aluguel	0,0028	0,0040	0,0026	0,0020	0,0039	0,0036	0,0030	0,0023	0,0029	0,0020
Aluguel imputado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços de manutenção e reparação	0,0024	0,0020	0,0019	0,0005	0,0001	0,0021	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001
Serviços de alojamento e alimentação	0,0055	0,0024	0,0007	0,0020	0,0003	0,0000	0,0000	0,0001	0,0014	0,0000
Serviços prestados às empresas	0,0206	0,0187	0,0052	0,0035	0,0087	0,0067	0,0255	0,0470	0,0154	0,0271
Educação mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços prestados às famílias	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0006
Serviços associativos	0,0010	0,0008	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0000	0,0009	0,0006	0,0012
Serviços domésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Educação pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviço público e seguridade social	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel importado	0,0006	0,0003	0,0001	0,0005	0,0000	0,0002	0,0010	0,0008	0,0005	0,0023
Resto da importação	0,0393	0,0557	0,0829	0,0747	0,0458	0,0669	0,0677	0,1885	0,0809	0,1465
IIL	0,0440	0,0492	0,0398	0,0438	0,0339	0,0486	0,0611	0,0757	0,0490	0,0806
L	0,0863	0,2170	0,0820	0,1035	0,2038	0,1844	0,1377	0,1076	0,1786	0,0985
K	0,3785	0,1446	0,2505	0,2319	0,2087	0,1007	0,1208	0,0562	0,1373	0,0303
ID	0,0081	0,0097	0,0080	0,0077	0,0077	0,0087	0,0084	0,0066	0,0085	0,0077
Pessoal ocupado (por R\$ mi)	1,7790	20,8644	1,6007	4,2344	15,5296	7,3907	5,4643	2,6071	6,9366	2,8960

ProdutoXSetor	Aparelhos/ instrum. médico- hospitalar, medida e óptico	Automóveis, camionetas e utilitários	Caminhões e ônibus	Peças e acessórios para veículos automotores	Outros equipamentos de transporte	Móveis e produtos das indústrias diversas	Prod. e distrib. de eletricid., gás, água, esg. e limp. urbana	Construção civil	Comércio	Transporte, armazenagem e correio
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Algodão em pluma	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caroço de algodão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Feijão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de algodão em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de girassol em bruto para biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Totas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Abate e preparação de produtos da carne	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0022	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerol em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel	0,0006	0,0017	0,0012	0,0017	0,0111	0,0011	0,0081	0,0096	0,0059	0,0827
Soja	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cana	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trigo em grão e outros cereais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Milho em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Arroz em casca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mandioca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fumo em folha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frutas cítricas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Café em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da exploração florestal e da silvicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos e serviços da lavoura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Bovinos e outros animais vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Leite de vaca e de outros animais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Suínos vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Aves vivas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ovos de galinha e de outras aves	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pesca e aquicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Petróleo e gás natural	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0230	0,0000	0,0000	0,0000
Minério de ferro	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carvão mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais metálicos não- ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0008	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais não-metálicos	0,0001	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0002	0,0000	0,0082	0,0000	0,0000
Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

ProdutoXSetor	Aparelhos/ instrum. médico- hospitalar, medida e óptico	Automóveis, camionetas e utilitários	Caminhões e ônibus	Peças e acessórios para veículos automotores	Outros equipame ntos de transporte	Móveis e produtos das indústrias diversas	Prod. e distrib. de eletricid., gás, água, esg. e limp. urbana	Construçã o civil	Comércio	Transport e, armazena gem e correio
Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pescado industrializado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Conservas de frutas, legumes e outros vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros óleos e gordura animal exclusive milho	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja refinado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos do laticínio e sorvetes	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Arroz beneficiado e produtos derivados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Farinha de trigo e derivados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Farinha de mandioca e outros	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleos de milho, amidos e féculas vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Rações	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos das usinas e do refino de açúcar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0021	0,0000	0,0000	0,0000
Café torrado e moído	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0008	0,0002
Café solúvel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos alimentares	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Bebidas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005
Produtos do fumo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Beneficiamento de algodão e de outros têxte l e fiação	0,0000	0,0000	0,0000	0,0008	0,0000	0,0025	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tecelagem	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0209	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação outros produtos Têxteis	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	0,0000	0,0010	0,0020	0,0020
Artigos do vestuário e acessórios	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001	0,0006	0,0021
Preparação do couro e fabricação de artefatos - exclusive calçados	0,0018	0,0011	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação de calçados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos de madeira - exclusive móveis	0,0005	0,0000	0,0002	0,0022	0,0022	0,0942	0,0000	0,0208	0,0007	0,0000
Celulose e outras pastas para fabricação de papel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Papel e papelão, embalagens e artefatos	0,0087	0,0029	0,0000	0,0018	0,0010	0,0279	0,0005	0,0010	0,0042	0,0008
Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados	0,0068	0,0010	0,0001	0,0002	0,0052	0,0001	0,0012	0,0006	0,0047	0,0027
Gás liquefeito de petróleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gasolina automotiva	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gasoálcool	0,0004	0,0003	0,0002	0,0003	0,0007	0,0000	0,0036	0,0006	0,0038	0,0047
Óleo combustível	0,0000	0,0017	0,0021	0,0045	0,0012	0,0018	0,0040	0,0000	0,0000	0,0024
Outros produtos do refino de petróleo e coque	0,0000	0,0000	0,0000	0,0024	0,0077	0,0039	0,0000	0,0029	0,0011	0,0257
Álcool	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0067	0,0012
Produtos químicos inorgânicos	0,0033	0,0000	0,0000	0,0028	0,0000	0,0008	0,0054	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos químicos orgânicos	0,0011	0,0000	0,0000	0,0019	0,0000	0,0127	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Metanol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação de resina e elastômeros	0,0094	0,0000	0,0013	0,0116	0,0083	0,0345	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos farmacêuticos	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Defensivos agrícolas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0150	0,0000	0,0004	0,0000	0,0001
Perfumaria, sabões e artigos de limpeza	0,0000	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000	0,0002	0,0007	0,0001	0,0000	0,0004
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,0027	0,0103	0,0010	0,0011	0,0024	0,0050	0,0000	0,0185	0,0000	0,0003
Produtos e preparados químicos diversos	0,0352	0,0000	0,0000	0,0025	0,0003	0,0073	0,0028	0,0023	0,0000	0,0000
Artigos de borracha	0,0014	0,0479	0,0339	0,0232	0,0080	0,0009	0,0022	0,0039	0,0013	0,0150
Artigos de plástico	0,0212	0,0310	0,0320	0,0205	0,0195	0,0366	0,0008	0,0192	0,0069	0,0037
Cimento	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0304	0,0000	0,0000

Produto\Setor	Aparelhos/ instrum. médico- hospitalar, medida e óptico	Automóveis, camionetas e utilitários	Caminhões e ônibus	Peças e acessórios para veículos automotores	Outros equipame ntos de transporte	Móveis e produtos das indústrias diversas	Prod. e distrib. de eletricid., gás, água, esg. e limp. urbana	Construã o civil	Comércio	Transport e, armazena gem e correio
Outros produtos de minerais não-metálicos	0,0037	0,0090	0,0057	0,0100	0,0004	0,0206	0,0002	0,0856	0,0005	0,0000
Gusa e ferro-ligas	0,0000	0,0010	0,0018	0,0131	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	0,0249	0,0589	0,0416	0,1146	0,1069	0,0376	0,0000	0,0243	0,0000	0,0000
Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	0,0300	0,0056	0,0020	0,0074	0,0123	0,0090	0,0020	0,0023	0,0000	0,0000
Fundidos de aço	0,0059	0,0000	0,0029	0,0046	0,0014	0,0010	0,0000	0,0015	0,0000	0,0001
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento	0,0249	0,0335	0,0075	0,0201	0,0161	0,0231	0,0000	0,0256	0,0020	0,0000
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	0,0052	0,0232	0,0318	0,0140	0,0116	0,0040	0,0010	0,0088	0,0000	0,0002
Eletrodomésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,0224	0,0366	0,0228	0,0040	0,0091	0,0088	0,0189	0,0083	0,0010	0,0050
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,0026	0,0002	0,0000	0,0071	0,0002	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0008
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,0447	0,0013	0,0006	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0008	0,0003	0,0000
Automóveis, camionetas e utilitários	0,0000	0,0445	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caminhões e ônibus	0,0000	0,0000	0,0515	0,0063	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0019
Peças e acessórios para veículos automotores	0,0011	0,2227	0,2679	0,1881	0,0014	0,0003	0,0011	0,0005	0,0112	0,0283
Outros equipamentos de transporte	0,0001	0,0000	0,0000	0,0021	0,2707	0,0000	0,0000	0,0005	0,0009	0,0050
Móveis e produtos das indústrias diversas	0,0000	0,0101	0,0210	0,0000	0,0000	0,0219	0,0000	0,0026	0,0000	0,0021
Sucatas recicladas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,0177	0,0143	0,0143	0,0229	0,0173	0,0140	0,2156	0,0027	0,0213	0,0107
Construção	0,0000	0,0109	0,0046	0,0007	0,0030	0,0005	0,0001	0,0270	0,0005	0,0001
Comércio	0,0344	0,0814	0,0727	0,0519	0,0465	0,0549	0,0103	0,0481	0,0245	0,0317
Transporte de carga	0,0085	0,0298	0,0280	0,0232	0,0126	0,0158	0,0154	0,0090	0,0385	0,0738
Transporte de passageiro	0,0105	0,0073	0,0050	0,0051	0,0032	0,0017	0,0013	0,0021	0,0055	0,0085
Correio	0,0085	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0000	0,0001	0,0007	0,0040	0,0009
Serviços de informação	0,0108	0,0167	0,0083	0,0041	0,0186	0,0017	0,0098	0,0021	0,0134	0,0099
Intermediação financeira e seguros	0,0137	0,0131	0,0257	0,0198	0,0201	0,0097	0,0109	0,0069	0,0123	0,0163
Serviços imobiliários e aluguel	0,0038	0,0012	0,0014	0,0026	0,0028	0,0032	0,0031	0,0058	0,0214	0,0139
Aluguel imputado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços de manutenção e reparação	0,0033	0,0003	0,0002	0,0007	0,0013	0,0000	0,0004	0,0005	0,0014	0,0256
Serviços de alojamento e alimentação	0,0000	0,0021	0,0006	0,0005	0,0036	0,0010	0,0001	0,0016	0,0018	0,0059
Serviços prestados às empresas	0,0146	0,0407	0,0328	0,0186	0,0282	0,0064	0,0389	0,0126	0,0521	0,0303
Educação mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços prestados às famílias	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0014	0,0003	0,0030	0,0001
Serviços associativos	0,0002	0,0010	0,0009	0,0006	0,0000	0,0005	0,0000	0,0004	0,0004	0,0009
Serviços domésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Educação pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviço público e seguridade social	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel importado	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0010	0,0001	0,0007	0,0009	0,0005	0,0076
Resto da importação	0,0784	0,0872	0,0845	0,0692	0,0998	0,0457	0,0288	0,0268	0,0161	0,0227
IIL	0,0376	0,0621	0,0553	0,0438	0,0484	0,0379	0,0544	0,0324	0,0229	0,0538
L	0,2115	0,1014	0,1094	0,1713	0,1521	0,2152	0,1076	0,2765	0,4388	0,3189
K	0,2788	-0,0220	0,0184	0,0828	0,0353	0,1822	0,4153	0,2543	0,2566	0,1747
ID	0,0072	0,0076	0,0084	0,0096	0,0072	0,0064	0,0078	0,0084	0,0099	0,0060
Pessoal ocupado (por R\$ mi)	10,8562	1,4922	1,5011	6,0729	3,9415	26,1382	3,0334	35,6713	54,4513	23,3305

ProdutoXSetor	Serviços de informação	Intermed. financeira, seguros e previd. complem. e serviços relacion.	Atividades imobiliárias e alugueis	Serviços de manutenção e reparação	Serviços de alojamento e alimentação	Serviços prestados às empresas	Educação mercantil	Gasool	Serviços prestados às famílias e associativas	Serviços domésticos
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Algodão em pluma	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caroço de algodão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Feijão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de algodão em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de girassol em bruto para biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Totas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000
Abate e preparação de produtos da carne	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0174	0,0000	0,0000	0,0000	0,0060	0,0000
Glicerol em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel	0,0037	0,0010	0,0004	0,0017	0,0001	0,0036	0,0112	0,0000	0,0020	0,0000
Soja	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cana	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trigo em grão e outros cereais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Milho em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
Arroz em casca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mandioca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fumo em folha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frutas cítricas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Café em grão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da exploração florestal e da silvicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos e serviços da lavoura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0111	0,0000	0,0000	0,0000	0,0034	0,0000
Bovinos e outros animais vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Leite de vaca e de outros animais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Suínos vivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Aves vivas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0015	0,0000
Ovos de galinha e de outras aves	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0021	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000
Pesca e aquicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Petróleo e gás natural	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minério de ferro	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Carvão mineral	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais metálicos não-ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais não-metálicos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	0,0000	0,0000	0,0000	0,0034	0,0000

ProdutoXSetor	Serviços de informação	Intermed. financeira, seguros e previd. compl. e serviços relacion.	Atividades imobiliárias e alugueis	Serviços de manutenção e reparação	Serviços de alojamento e alimentação	Serviços prestados às empresas	Educação mercantil	Gasoolcool	Serviços prestados às famílias e associativas	Serviços domésticos
Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000	0,0017	0,0000
Pescado industrializado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Conservas de frutas, legumes e outros vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000
Outros óleos e gordura animal exclusive milho	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja refinado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0058	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0044	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	0,0000
Produtos do laticínio e sorvetes	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0051	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022	0,0000
Arroz beneficiado e produtos derivados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0051	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022	0,0000
Farinha de trigo e derivados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000
Farinha de mandioca e outros	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	0,0000	0,0107	0,0000	0,0018	0,0000
Óleos de milho, amidos e féculas vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000
Rações	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos das usinas e do refino de açúcar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0076	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016	0,0000
Café torrado e moído	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001	0,0037	0,0001	0,0018	0,0000	0,0015	0,0000
Café solúvel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
Outros produtos alimentares	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0157	0,0000	0,0000	0,0000	0,0064	0,0000
Bebidas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1824	0,0000	0,0001	0,0000	0,0037	0,0000
Produtos do fumo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Beneficiamento de algodão e de outros têxteis e fiação	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tecelagem	0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0123	0,0000
Fabricação outros produtos Têxteis	0,0000	0,0000	0,0001	0,0005	0,0044	0,0000	0,0000	0,0000	0,0035	0,0000
Artigos do vestuário e acessórios	0,0004	0,0011	0,0000	0,0000	0,0013	0,0028	0,0000	0,0000	0,0050	0,0000
Preparação do couro e fabricação de artefatos - exclusive calçados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação de calçados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0000
Produtos de madeira - exclusive móveis	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000
Celulose e outras pastas para fabricação de papel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Papel e papelão, embalagens e artefatos	0,0095	0,0049	0,0012	0,0067	0,0014	0,0022	0,0049	0,0000	0,0110	0,0000
Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados	0,0156	0,0181	0,0009	0,0007	0,0002	0,0708	0,0016	0,0000	0,0127	0,0000
Gás liquefeito de petróleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gasolina automotiva	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5613	0,0000	0,0000
Gasoolcool	0,0010	0,0013	0,0005	0,0007	0,0003	0,0010	0,0075	0,0000	0,0029	0,0000
Óleo combustível	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos do refino de petróleo e coque	0,0000	0,0000	0,0002	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000
Álcool	0,0000	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1311	0,0000	0,0000
Produtos químicos inorgânicos	0,0007	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000
Produtos químicos orgânicos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Metanol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação de resina e elastômeros	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos farmacêuticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0017	0,0000	0,0005	0,0000
Defensivos agrícolas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0027	0,0026	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Perfumaria, sabões e artigos de limpeza	0,0006	0,0001	0,0001	0,0003	0,0026	0,0009	0,0007	0,0000	0,0057	0,0000
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,0000	0,0000	0,0001	0,0014	0,0000	0,0000	0,0047	0,0000	0,0002	0,0000
Produtos e preparados químicos diversos	0,0000	0,0007	0,0000	0,0012	0,0006	0,0006	0,0031	0,0000	0,0003	0,0000
Artigos de borracha	0,0010	0,0002	0,0004	0,0026	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Artigos de plástico	0,0079	0,0001	0,0006	0,0025	0,0018	0,0102	0,0000	0,0000	0,0037	0,0000
Cimento	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

ProdutoXSetor	Serviços de informação	Intermed. financeira, seguros e previd. complem. e serviços relacion.	Atividades imobiliárias e alugueis	Serviços de manutenção e reparação	Serviços de alojamento e alimentação	Serviços prestados às empresas	Educação mercantil	Gasóleo	Serviços prestados às famílias e associativas	Serviços domésticos
Outros produtos de minerais não-metálicos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0045	0,0000
Gusa e ferro-ligas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fundidos de aço	0,0030	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento	0,0008	0,0000	0,0000	0,0039	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	0,0019	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0010	0,0098	0,0000	0,0000	0,0000
Eletrodomésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0064	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,0033	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,0049	0,0004	0,0003	0,0156	0,0001	0,0007	0,0000	0,0000	0,0082	0,0000
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,0060	0,0000	0,0001	0,0171	0,0000	0,0035	0,0000	0,0000	0,0015	0,0000
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0045	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000
Automóveis, camionetas e utilitários	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Caminhões e ônibus	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Peças e acessórios para veículos automotores	0,0004	0,0000	0,0009	0,0908	0,0001	0,0035	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Outros equipamentos de transporte	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Móveis e produtos das indústrias diversas	0,0000	0,0093	0,0005	0,0055	0,0000	0,0009	0,0036	0,0000	0,0113	0,0000
Sucatas recicladas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,0125	0,0077	0,0010	0,0050	0,0142	0,0058	0,0209	0,0000	0,0671	0,0000
Construção	0,0016	0,0080	0,0238	0,0001	0,0001	0,0026	0,0310	0,0000	0,0124	0,0000
Comércio	0,0110	0,0089	0,0016	0,0275	0,0917	0,0201	0,0141	0,0000	0,0325	0,0000
Transporte de carga	0,0051	0,0008	0,0003	0,0032	0,0073	0,0022	0,0018	0,0031	0,0062	0,0000
Transporte de passageiro	0,0081	0,0067	0,0004	0,0007	0,0018	0,0092	0,0089	0,0000	0,0243	0,0000
Correio	0,0107	0,0049	0,0004	0,0004	0,0013	0,0052	0,0083	0,0000	0,0062	0,0000
Serviços de informação	0,1523	0,0527	0,0019	0,0078	0,0055	0,1179	0,0746	0,0000	0,0354	0,0000
Intermediação financeira e seguros	0,0142	0,1556	0,0016	0,0035	0,0051	0,0091	0,0079	0,0000	0,0032	0,0000
Serviços imobiliários e aluguel	0,0317	0,0077	0,0023	0,0060	0,0101	0,0155	0,0241	0,0000	0,0151	0,0000
Aluguel imputado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços de manutenção e reparação	0,0088	0,0063	0,0005	0,0017	0,0010	0,0078	0,0148	0,0000	0,0076	0,0000
Serviços de alojamento e alimentação	0,0015	0,0043	0,0000	0,0000	0,0018	0,0020	0,0203	0,0000	0,0126	0,0000
Serviços prestados às empresas	0,0782	0,0651	0,0082	0,0018	0,0069	0,0332	0,0636	0,0000	0,0504	0,0000
Educação mercantil	0,0000	0,0023	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde mercantil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços prestados às famílias	0,0010	0,0027	0,0000	0,0001	0,0035	0,0056	0,0009	0,0000	0,0045	0,0000
Serviços associativos	0,0008	0,0008	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,0007	0,0000	0,0006	0,0000
Serviços domésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Educação pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde pública	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Serviço público e seguridade social	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel importado	0,0003	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0003	0,0010	0,0000	0,0002	0,0000
Resto da importação	0,0269	0,0139	0,0020	0,0393	0,0166	0,0173	0,0206	0,0000	0,0222	0,0000
IIL	0,0501	0,0316	0,0030	0,0238	0,0885	0,0408	0,0399	0,2989	0,0464	0,0000
L	0,2046	0,2803	0,0373	0,5034	0,3020	0,4241	0,5431	0,0020	0,4038	1,0000
K	0,3135	0,2873	0,9064	0,2026	0,1203	0,1672	0,0264	0,0035	0,1023	0,0000
ID	0,0062	0,0145	0,0010	0,0042	0,0059	0,0082	0,0153	0,0000	0,0115	0,0000
Pessoal ocupado (por R\$ mi)	11,8071	5,4477	3,3397	77,1843	53,5595	33,2552	28,3362	0,0152	52,8890	321,6356

ProdutoXSetor	Educação pública	Saúde mercantil e pública	Administração pública e seguridade social
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000
Algodão em pluma	0,0000	0,0000	0,0000
Caroço de algodão	0,0000	0,0000	0,0000
Feijão	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja em bruto	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de algodão em bruto	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de girassol em bruto para biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000
Totas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	0,0003	0,0001	0,0003
Abate e preparação de produtos da carne	0,0019	0,0015	0,0017
Glicerol em bruto	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel mineral	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel	0,0002	0,0003	0,0013
Soja	0,0000	0,0000	0,0000
Cana	0,0000	0,0000	0,0000
Trigo em grão e outros cereais	0,0000	0,0000	0,0000
Milho em grão	0,0000	0,0000	0,0000
Arroz em casca	0,0000	0,0000	0,0000
Mandioca	0,0000	0,0000	0,0000
Fumo em folha	0,0000	0,0000	0,0000
Frutas cítricas	0,0000	0,0000	0,0000
Café em grão	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da exploração florestal e da silvicultura	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos e serviços da lavoura	0,0008	0,0003	0,0004
Bovinos e outros animais vivos	0,0000	0,0000	0,0000
Leite de vaca e de outros animais	0,0000	0,0000	0,0000
Suínos vivos	0,0000	0,0000	0,0000
Aves vivas	0,0000	0,0000	0,0000
Ovos de galinha e de outras aves	0,0002	0,0001	0,0002
Pesca e aquicultura	0,0000	0,0000	0,0000
Petróleo e gás natural	0,0000	0,0000	0,0000
Minério de ferro	0,0000	0,0000	0,0000
Carvão mineral	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais metálicos não-ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000
Minerais não-metálicos	0,0000	0,0000	238,0001
Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	0,0002	0,0002	0,0002

ProdutoXSetor	Educação pública	Saúde mercantil e pública	Administração pública e seguridade social
Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada	0,0010	0,0007	0,0009
Pescado industrializado	0,0001	0,0000	0,0001
Conservas de frutas, legumes e outros vegetais	0,0000	0,0001	0,0000
Outros óleos e gordura animal exclusive milho	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja refinado	0,0004	0,0001	0,0004
Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	0,0008	0,0005	0,0005
Produtos do laticínio e sorvetes	0,0009	0,0006	0,0010
Arroz beneficiado e produtos derivados	0,0005	0,0005	0,0004
Farinha de trigo e derivados	0,0001	0,0000	0,0001
Farinha de mandioca e outros	0,0009	0,0000	0,0001
Óleos de milho, amidos e féculas vegetais	0,0002	0,0000	0,0000
Rações	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos das usinas e do refino de açúcar	0,0007	0,0003	0,0007
Café torrado e moído	0,0010	0,0008	0,0004
Café solúvel	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos alimentares	0,0019	0,0012	0,0016
Bebidas	0,0002	0,0003	0,0005
Produtos do fumo	0,0000	0,0000	0,0000
Beneficiamento de algodão e de outros têxteis e fiação	0,0000	0,0000	0,0000
Tecelagem	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação outros produtos Têxteis	0,0000	0,0047	0,0000
Artigos do vestuário e acessórios	0,0001	0,0020	0,0004
Preparação do couro e fabricação de artefatos - exclusive calçados	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação de calçados	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos de madeira - exclusive móveis	0,0000	0,0000	0,0001
Celulose e outras pastas para fabricação de papel	0,0000	0,0000	0,0000
Papel e papelão, embalagens e artefatos	0,0008	0,0067	0,0024
Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados	0,0077	0,0046	0,0029
Gás liquefeito de petróleo	0,0001	0,0008	0,0001
Gasolina automotiva	0,0000	0,0000	0,0000
Gasóilcool	0,0003	0,0027	0,0081
Óleo combustível	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos do refino de petróleo e coque	0,0000	0,0000	0,0006
Álcool	0,0001	0,0008	0,0022
Produtos químicos inorgânicos	0,0001	0,0101	0,0000
Produtos químicos orgânicos	0,0000	0,0000	0,0000
Metanol	0,0000	0,0000	0,0000
Fabricação de resina e elastômeros	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos farmacêuticos	0,0015	0,0265	0,0030
Defensivos agrícolas	0,0000	0,0042	0,0000
Perfumaria, sabões e artigos de limpeza	0,0001	0,0034	0,0001
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,0013	0,0004	0,0023
Produtos e preparados químicos diversos	0,0008	0,0053	0,0008
Artigos de borracha	0,0000	0,0021	0,0000
Artigos de plástico	0,0000	0,0149	0,0000
Cimento	0,0000	0,0000	0,0000

ProdutoXSetor	Educação pública	Saúde mercantil e pública	Administração pública e seguridade social
Outros produtos de minerais não-metálicos	0,0003	0,0085	0,0003
Gusa e ferro-ligas	0,0000	0,0000	0,0000
Semi-acabacados, laminados planos, longos e tubos de aço	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000
Fundidos de aço	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento	0,0005	0,0042	0,0039
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	0,0000	0,0006	0,0002
Eletrodomésticos	0,0000	0,0000	0,0000
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,0001	0,0003	0,0002
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,0001	0,0016	0,0005
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,0000	0,0000	0,0000
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,0004	0,0021	0,0001
Automóveis, camionetas e utilitários	0,0000	0,0000	0,0000
Caminhões e ônibus	0,0000	0,0000	0,0000
Peças e acessórios para veículos automotores	0,0001	0,0001	0,0002
Outros equipamentos de transporte	0,0000	0,0000	0,0003
Móveis e produtos das indústrias diversas	0,0156	0,0001	0,0003
Sucatas recicladas	0,0000	0,0000	0,0000
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,0266	0,0222	0,0145
Construção	0,0410	0,0113	0,0187
Comércio	0,0113	0,0287	0,0125
Transporte de carga	0,0020	0,0029	0,0013
Transporte de passageiro	0,0036	0,0147	0,0032
Correio	0,0001	0,0007	0,0017
Serviços de informação	0,0169	0,0282	0,0504
Intermediação financeira e seguros	0,0009	0,0039	0,1050
Serviços imobiliários e aluguel	0,0150	0,0152	0,0186
Aluguel imputado	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços de manutenção e reparação	0,0011	0,0124	0,0031
Serviços de alojamento e alimentação	0,0005	0,0203	0,0094
Serviços prestados às empresas	0,0291	0,1031	0,0414
Educação mercantil	0,0017	0,0024	0,0010
Saúde mercantil	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços prestados às famílias	0,0001	0,0072	0,0009
Serviços associativos	0,0000	0,0000	0,0000
Serviços domésticos	0,0000	0,0000	0,0000
Educação pública	0,0000	0,0000	0,0000
Saúde pública	0,0000	0,0000	0,0000
Serviço público e seguridade social	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel importado	0,0000	0,0000	0,0001
Resto da importação	0,0083	0,0374	0,0146
IIL	0,0177	0,0380	0,0308
L	0,7204	0,4666	0,5374
K	0,0615	0,0653	0,0953
ID	0,0001	0,0051	0,0001
Pessoal ocupado (por R\$ mi)	47,9808	24,9143	18,2328

Figura C. 1 Matriz de coeficientes técnicos diretos (Produto X Setor)

Anexo D

Coeficientes de energia primária e de emissões de GEE

Tabela D. 1 Coeficientes de energia primária (tep/R\$ milhão de 2004)

Setor	Renovável	Não-renovável	Setor	Renovável	Não-renovável
Produção verticalizada de biodiesel de soja	0,0	0,0	Fabricação de ração animal	0,3	0,1
Produção de biodiesel a partir do óleo de soja	0,0	0,0	Indústria de açúcar	525,0	0,1
Produção verticalizada de biodiesel de sebo bovino	0,0	0,0	Alimentos e Bebidas	13,9	4,8
Produção de biodiesel a partir do óleo de algodão	0,0	0,0	Produtos do fumo	13,8	4,3
Produção de biodiesel a partir do óleo de girassol familiar	0,0	0,0	Petróleo e gás natural	1,6	0,9
Produção familiar de óleo de girassol para biodiesel	0,0	0,0	Minério de ferro	0,7	52,8
Produção de algodão	0,1	2,4	Outros da indústria extrativa	1,1	2,9
Produção de óleo de soja em bruto	0,2	0,3	Artigos do vestuário e acessórios	10,7	0,1
Produção de óleo de algodão em bruto	0,2	0,3	Artefatos de couro e calçados	10,9	0,2
Produção de óleo diesel mineral	1,4	5.067,5	Produtos de madeira - exclusive móveis	11,9	1,3
Misturadora de óleo diesel doméstico	0,0	0,0	Celulose e produtos de papel	116,5	28,3
Produção de soja	0,1	2,3	Jornais, revistas, discos	0,2	0,0
Produção de cana	0,1	3,1	Refino de petróleo e coque	0,3	1.383,0
Resto da agricultura	0,1	0,8	Álcool	1.401,7	0,4
Pecuária e pesca	31,7	1,5	Produtos químicos	1,9	17,1
Abate de animais	0,4	0,2	Fabricação de resina e elastômeros	1,3	16,5
Atividade de beneficiamento de fibras naturais e fiação	3,6	9,5	Produtos farmacêuticos	0,7	16,4
Resto da indústria têxtil	3,6	9,5	Defensivos agrícolas	0,7	16,4

Setor	Renovável	Não-renovável	Setor	Renovável	Não-renovável
Perfumaria, higiene e limpeza	0,6	16,4	Outros equipamentos de transporte	0,4	3,9
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,9	16,7	Móveis e produtos das indústrias diversas	0,4	3,2
Produtos e preparados químicos diversos	1,4	16,4	Produção e distribuição de eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana	251,2	84,1
Artigos de borracha e plástico	0,7	3,5	Construção civil	0,1	0,7
Cimento	81,0	101,2	Comércio	1,3	1,3
Outros produtos de minerais não-metálicos	67,2	36,3	Transporte, armazenagem e correio	0,3	15,6
Fabricação de aço e derivados	157,3	167,1	Serviços de informação	0,3	0,3
Metalurgia de metais não-ferrosos	3,2	39,8	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar e serviços relacionados	0,2	0,1
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	0,7	1,3	Atividades imobiliárias e aluguéis	0,0	0,0
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	0,4	3,3	Serviços de manutenção e reparação	0,1	0,1
Eletrodomésticos	0,3	3,9	Serviços de alojamento e alimentação	0,4	0,4
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,2	3,7	Serviços prestados às empresas	0,1	0,3
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,6	3,5	Educação mercantil	0,5	0,8
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,3	5,0	Saúde mercantil	0,0	0,0
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,5	3,1	Serviços prestados às famílias e associativas	1,7	0,2
Automóveis, camionetas e utilitários	0,4	3,2	Serviços domésticos	0,0	0,0
Caminhões e ônibus	0,4	3,2	Educação pública	0,7	0,4
Peças e acessórios para veículos automotores	0,6	3,3	Saúde pública	0,6	0,4
			Administração pública e seguridade social	0,4	0,1

Tabela D. 2 Coeficientes de emissões de GEE (Gg/R\$ milhão de 2004)

Produto	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq	Produto	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Minério de ferro	0,2022	0,0000	0,0000	0,2028
Algodão em pluma	0,0000	0,0019	0,0008	0,2772	Carvão mineral	15,7857	0,0792	0,0000	17,4592
Caroço de algodão	0,0000	0,0019	0,0008	0,2787	Minerais metálicos não-ferrosos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Feijão	0,0000	0,0000	0,0011	0,3274	Minerais não-metálicos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo de soja em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0016	0,0000	0,0345
Óleo de algodão em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada	0,0000	0,0018	0,0000	0,0369
Óleo de girassol em bruto para biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Pescado industrializado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Totas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleos vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Conservas de frutas, legumes e outros vegetais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Abate e preparação de produtos da carne	0,0000	0,0018	0,0000	0,0385	Outros óleos e gordura animal exclusive milho	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerol em bruto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Óleo de soja refinado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo diesel mineral	3,7264	0,0003	0,0000	3,7422	Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	0,0000	0,0017	0,0000	0,0359
Óleo diesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Produtos do laticínio e sorvetes	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Soja	0,0000	0,0000	0,0011	0,3302	Arroz beneficiado e produtos derivados	0,0159	0,0004	0,0000	0,0307
Cana	0,0000	0,0112	0,0015	0,6917	Farinha de trigo e derivados	0,0156	0,0004	0,0000	0,0300
Trigo em grão e outros cereais	0,0000	0,0000	0,0009	0,2859	Farinha de mandioca e outros	0,0154	0,0004	0,0000	0,0298
Milho em grão	0,0000	0,0000	0,0014	0,4435	Óleos de milho, amidos e féculas vegetais	0,0144	0,0004	0,0000	0,0277
Arroz em casca	0,0000	0,0563	0,0009	1,4759	Rações	0,0152	0,0004	0,0000	0,0294
Mandioca	0,0000	0,0000	0,0012	0,3843	Produtos das usinas e do refino de açúcar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fumo em folha	0,0000	0,0000	0,0008	0,2382	Café torrado e moído	0,0172	0,0004	0,0000	0,0332
Frutas cítricas	0,0000	0,0000	0,0008	0,2334	Café solúvel	0,0109	0,0003	0,0000	0,0210
Café em grão	0,0000	0,0000	0,0009	0,2649	Outros produtos alimentares	0,0158	0,0479	0,0003	1,1059
Produtos da exploração florestal e da silvicultura	0,0000	0,0146	0,0002	0,3617	Bebidas	0,0154	0,0021	0,0000	0,0659
Outros produtos e serviços da lavoura	0,0002	0,0016	0,0002	0,0850	Produtos do fumo	0,0171	0,0004	0,0000	0,0330
Bovinos e outros animais vivos	0,0000	0,3996	0,0135	12,5704	Beneficiamento de algodão e de outros têxteis e fiação	0,0255	0,0000	0,0000	0,0266
Leite de vaca e de outros animais	0,0000	0,1258	0,0000	2,6409	Tecelagem	0,0244	0,0000	0,0000	0,0254
Suínos vivos	0,0000	0,0797	0,0014	2,1091	Fabricação outros produtos Têxteis	0,0223	0,0000	0,0000	0,0233
Aves vivas	0,0000	0,0090	0,0006	0,3796	Artigos do vestuário e acessórios	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ovos de galinha e de outras aves	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Preparação do couro e fabricação de artefatos - exclusive calçados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pesca e aquicultura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Fabricação de calçados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Petróleo e gás natural	0,2276	0,0027	0,0000	0,2845	Produtos de madeira - exclusive móveis	0,0000	0,0005	0,0000	0,0136

Produto	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq	Produto	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
Celulose e outras pastas para fabricação de papel	0,5200	0,0041	0,0000	0,6199	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Papel e papelão, embalagens e artefatos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gás liquefeito de petróleo	3,7949	0,0001	0,0000	3,8001	Automóveis, camionetas e utilitários	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gasolina automotiva	3,2690	0,0002	0,0001	3,3083	Caminhões e ônibus	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gasóleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Peças e acessórios para veículos automotores	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo combustível	5,2059	0,0002	0,0000	5,2180	Outros equipamentos de transporte	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros produtos do refino de petróleo e coque	0,2983	0,0000	0,0000	0,2989	Móveis e produtos das indústrias diversas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Álcool	0,0000	0,0008	0,0001	0,0544	Sucatas recicladas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Produtos químicos inorgânicos	0,1841	0,0000	0,0001	0,2056	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,1261	0,0000	0,0000	0,1290
Produtos químicos orgânicos	0,3051	0,0005	0,0000	0,3149	Construção	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Metanol	0,3201	0,0028	0,0000	0,3786	Comércio	0,0019	0,0001	0,0000	0,0061
Fabricação de resina e elastômeros	0,0291	0,0000	0,0008	0,2923	Transporte de carga	0,0409	0,0001	0,0000	0,0453
Produtos farmacêuticos	0,0236	0,0000	0,0000	0,0236	Transporte de passageiro	0,1265	0,0001	0,0000	0,1308
Defensivos agrícolas	0,0259	0,0000	0,0000	0,0259	Correio	0,0000	0,0001	0,0000	0,0040
Perfumaria, sabões e artigos de limpeza	0,0259	0,0000	0,0000	0,0259	Serviços de informação	0,0000	0,0001	0,0000	0,0039
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,0249	0,0000	0,0000	0,0249	Intermediação financeira e seguros	0,0000	0,0001	0,0000	0,0039
Produtos e preparados químicos diversos	0,0313	0,0000	0,0000	0,0314	Serviços imobiliários e aluguel	0,0000	0,0001	0,0000	0,0038
Artigos de borracha	0,0607	0,0000	0,0000	0,0607	Aluguel imputado	0,0000	0,0001	0,0000	0,0040
Artigos de plástico	0,0270	0,0000	0,0000	0,0270	Serviços de manutenção e reparação	0,0000	0,0001	0,0000	0,0041
Cimento	3,9552	0,0003	0,0000	3,9709	Serviços de alojamento e alimentação	0,0000	0,0001	0,0000	0,0039
Outros produtos de minerais não-metálicos	0,4312	0,0011	0,0000	0,4581	Serviços prestados às empresas	0,0000	0,0001	0,0000	0,0039
Gusa e ferro-ligas	6,0456	0,0061	0,0002	6,2215	Educação mercantil	0,0000	0,0001	0,0000	0,0040
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Saúde mercantil	0,0004	0,0001	0,0000	0,0044
Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	0,2676	0,0000	0,0000	0,2679	Serviços prestados às famílias	0,0000	0,0001	0,0000	0,0040
Fundidos de aço	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Serviços associativos	0,0000	0,0001	0,0000	0,0040
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Serviços domésticos	0,0000	0,0001	0,0000	0,0040
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Educação pública	0,0000	0,0001	0,0000	0,0041
Eletrodomésticos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Saúde pública	0,0007	0,0001	0,0000	0,0048
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Serviço público e seguridade social	0,0000	0,0001	0,0000	0,0040
					Óleo diesel importado	2,7738	0,0002	0,0000	2,7856