UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

USP

Programa de Pós-Graduação em Energia

PPGE

(EP/FEA/IEE/IF)

BIOCOMBUSTÍVEIS – ASPECTOS SOCIAIS, E ECONÔMICOS: COMPARAÇÃO ENTRE BRASIL, ESTADOS UNIDOS E ALEMANHA

Regiane Catarina Ribeiro Gorren

São Paulo

2009

REGIANE CATARINA RIBEIRO GORREN

BIOCOMBUSTÍVEIS – ASPECTOS SOCIAIS, E ECONÔMICOS: COMPARAÇÃO ENTRE BRASIL, ESTADOS UNIDOS E ALEMANHA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Escola Politécnica / Faculdade de Economia e Administração / Instituto de Eletrotécnica e Energia / Instituto de Física) para obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientação: Profª Drª Suani Teixeira Coelho

São Paulo

2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Gorren, Regiane Catarina Ribeiro

Biocombustíveis – Aspectos sociais e econômicos: comparação entre Brasil, Estados Unidos e Alemanha / Regiane Catarina Ribeiro Gorren; orientador Suani Teixeira Coelho. – São Paulo, 2009.

132p. : il.; 30cm.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Energia)- EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

1. Biocombustíveis 2. Aspectos sociais 3. Aspectos econômicos 4. Políticas para biocombustíveis I. Título.

DEDICATÓRIA

For Brian, forever.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof[a] Dr[a] Suani Teixeira Coelho pela orientação nesta dissertação, pelos ensinamentos, sobretudo por seu exemplo, conhecimento e determinação que nos inspiram.

À Prof[a] Dr[a] Sílvia M. S. G. Velázquez pelos comentários e pelas sugestões que aprimoraram esta dissertação.

A todos os funcionários e professores do Instituto de Eletrotécnica e Energia.

Aos amigos do CENBIO pelo suporte técnico, carinho e amizade, especialmente, as amigas, Patrícia M. Guardabassi que me ensinou os primeiros passos com paciência e ternura, Beatriz Acquaro Lora pela ajuda, dedicação e amizade fraternal e Maria Beatriz C. Monteiro pela colaboração e amizade.

Ao Martin, meu esposo, por acreditar nos meus sonhos, pela compreensão, pelos conselhos e conversas elucidativas, pela inigualável paciência, também pelas traduções do alemão e principalmente pelo incentivo nos momentos mais difíceis.

Ao meu filho Brian que soube compreender a importância das horas dedicadas a esta dissertação.

À minha família, especialmente à minha mãe e à minha irmã e amiga Regina pela amizade, pela acolhida e pelo incentivo.

EPÍGRAFE

“Em vez de serem
apenas bons,
esforcem-se para
criar um estado de
coisas que torne
possível a bondade;
em vez de serem
apenas livres,
esforcem-se para
criar um estado
de coisas que
liberte a todos!”
Bertolt Brecht

RESUMO

GORREN, R. C. R. Biocombustíveis – Aspectos sociais e econômicos: comparação entre Brasil, Estados Unidos e Alemanha. 2009. 132p. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo.

Esta dissertação apresenta uma análise comparativa dos aspectos sociais e econômicos decorrentes da produção dos biocombustíveis, etanol e biodiesel, nos principais países produtores e consumidores da atualidade – Brasil, Estados Unidos e Alemanha. Para tal, os biocombustíveis foram analisados por intermédio dos dados das matrizes energéticas, da produção de matéria-prima e do biocombustível, do consumo interno, das políticas de suporte, barreiras tarifárias e não tarifárias, bem como dos gargalos existentes. Nos aspectos econômicos foram abordados indicadores da macroeconomia, indicadores específicos para biocombustíveis, a logística e a presença de subsídios. Nos aspectos sociais, a situação do trabalhador rural foi analisada enfatizando o trabalhador temporário imigrante na agricultura. O histórico das políticas possibilitou verificar a associação entre os estímulos políticos e a variação na produção. A construção dos cenários permitiu estimar a área necessária para expansão da produção de biocombustíveis. Neste grupo heterogêneo de países, em que as características sociais e econômicas são distintas, verificou-se que a legislação apresenta peculiaridades conforme a realidade de cada país. Com relação aos aspectos sociais, a situação dos trabalhadores temporários imigrantes na agricultura é semelhante, apresentando como características em comum a faixa etária, o grau de escolaridade e a remuneração. No que diz respeito aos biocombustíveis, etanol brasileiro é competitivo com o combustível fóssil correspondente, sem ajuda de subsídios. Apenas recentemente, o biodiesel apresentou aumento significativo na produção, após políticas de incentivo nos três países estudados. A produção e o consumo de biocombustíveis têm avançado nos três países. Entretanto, o Brasil apresenta a maior aptidão para produção de etanol, da atualidade, devido à possibilidade de expansão agrícola e ao tipo de matéria-prima utilizada que possui um balanço energético melhor. Nos Estados Unidos e na Alemanha, o custo de produção e a menor disponibilidade de terras agriculturáveis são vetores desfavoráveis à produção de biocombustíveis.

Palavras-chave: biocombustíveis, aspectos sociais, aspectos econômicos, políticas para biocombustíveis.

ABSTRACT

Gorren, R. C. R. Biofuels – Comparison between Brazil, United States and Germany regarding social and economic aspects. 2009. 132p. Master's Dissertation – Post Graduation Program on Energy. University of São Paulo.

This study aims at a comparative analysis of the social and economic aspects, as a result of biofuels production, ethanol and biodiesel, in the three main producing and consuming countries – The United States, Germany, and Brazil. To that end, there were analyses of biofuels production in several data fields such as; energy matrix, feedstock and biofuels production, local consumption, supportive policies, tariff and non-tariff barriers and existing bottlenecks. In the economic aspects, it was analyzed some macroeconomic indicators, biofuels indicators, logistics and subsidies. In respect of social aspects, the situation of the rural worker was analyzed, emphasizing the rural temporary foreign worker. The historical review of biofuels policies enabled to verify the association between the biofuels policies support and the biofuels production variation. It was possible to estimate the amount of land required for the expansion of biofuels production by the construction of scenarios. In this heterogenic group of countries with distinct social and economic characteristics, it was observed that the legislation development process follows each country's reality. Despite of social aspects, the condition of the rural temporary foreign worker is alike, presenting common characteristics such as; age average, educational level and wage. Regarding the biofuels involved in this study, the Brazilian ethanol is more competitive with the regular fossil fuel even without subsidies. Only recently, there was a significant increase in the biodiesel production, after support policies in the three countries. Lately, the production and consumption of biofuels have been increasing in the three countries. Nevertheless, currently, Brazil has the major possibility to enhance biofuels production due its land availability and the use of a feedstock with the highest energy balance. In The United States and Germany the production costs and the lower quantity of agricultural land availability are disadvantages to their biofuels production.

Keywords: biofuels, social aspects, economic aspects, biofuel policies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de biocombustíveis, Alemanha, Brasil e Estados Unidos 25
Figura 2 - Comparação do gasto de energia e crescimento econômico – Estados Unidos 35
Figura 3 - Comparação do gasto de energia e crescimento econômico – Brasil 36
Figura 4 - Comparação do gasto de energia e crescimento econômico – Alemanha 36
Figura 5 - Produção de biocombustíveis e preço do petróleo 38
Figura 6 - Consumo de energia na Alemanha 40
Figura 7 - Histórico da produção de etanol, biodiesel e óleo de canola na Alemanha 41
Figura 8 - Preço dos combustíveis na Alemanha 44
Figura 9 - Consumo de energia nos Estados Unidos 47
Figura 10 - Histórico da produção de milho nos EUA 48
Figura 11 - Preço dos combustíveis nos EUA 50
Figura 12 - Localização das usinas de etanol nos EUA 51
Figura 13 - Localização das usinas de biodiesel nos EUA 51
Figura 14 - Histórico da produção de milho, soja, etanol e biodiesel nos EUA 54
Figura 15 - Consumo de energia no Brasil 58
Figura 16 - Curva do aprendizado brasileiro na produção de etanol 59
Figura 17 - Localização das usinas de açúcar e álcool no Brasil 60
Figura 18 - Localização das usinas de biodiesel Brasil 62
Figura 19 - Histórico da produção de cana-de-açúcar, soja, etanol e biodiesel no Brasil 63
Figura 20 - Tributos sobre os automóveis no preço ao consumidor 69
Figura 21 - População rural e trabalho rural, Brasil, Alemanha, Estados Unidos 80
Figura 22 - Trabalhadores temporários norte-americanos 89
Figura 23 - Confronto do número de trabalhadores rurais e número de tratores 96
Figura 24 - Evolução do trabalho temporário agrícola no Brasil 99
Figura 25 - Disponibilidade de terras no mundo para agricultura 113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características de oleaginosas com potencial de uso energético no mundo..... 30
Tabela 2 - Produção de etanol e biodiesel..... 33
Tabela 3 - Consumo de combustíveis na Alemanha..... 42
Tabela 4 - Demanda etanol combustível nos Estados Unidos..... 47
Tabela 5 - Custos de produção de etanol e biodiesel por tipo de matéria-prima I 65
Tabela 6 - Custos de produção de etanol e biodiesel por tipo de matéria-prima II..... 66
Tabela 7 - Preços dos combustíveis..... 67
Tabela 8 - Tributação de combustíveis na Alemanha..... 71
Tabela 9 - Importações de etanol combustível nos Estados Unidos..... 73
Tabela 10 - Subsídios para combustíveis nos Estados Unidos..... 74
Tabela 11 - Impostos sobre veículos e combustíveis..... 75
Tabela 12 - População e força de trabalho rural..... 81
Tabela 13 - Trabalhador rural alemão..... 87
Tabela 14 - Força de trabalho na agricultura alemã..... 88
Tabela 15 - Perfil do trabalhador agrícola americano..... 90
Tabela 16 - Indicadores sociais brasileiros 92
Tabela 17 - Desigualdade social..... 93
Tabela 18 - Distribuição das ocupações por grau de instrução no setor sucroalcooleiro, Estado de São Paulo 93
Tabela 19 - Características gerais da agricultura direcionada para biocombustíveis 104
Tabela 20 - Cenário biodiesel Alemanha..... 109
Tabela 21 - Cenário etanol Alemanha 109
Tabela 22 - Cenário biodiesel Estados Unidos..... 109
Tabela 23 - Cenário etanol Estados Unidos 110
Tabela 24 - Cenário biodiesel Brasil..... 110
Tabela 25 - Cenário etanol Brasil 110

LISTA DE SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

BEN – Balanço Energético Nacional

BMELV – Ministério da Agricultura da Alemanha

BMU – Ministério do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear da Alemanha

CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa

CONAB – Compahia Nacional de Abastecimento

DOE – Departamento de Energia dos Estados Unidos

EERE – Escritório de Eficiência Energética e Energia Renovável do Departamento de Energia dos EUA

EIA – Administração de Informação de Energia (do Departamento de Energia dos EUA)

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA – Agência de Proteção Ambiental Americana

EUA – Estados Unidos da América

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FNR – Agência de Materiais Renováveis

GAEZ – Zonas Agro-Ecológicas Globais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IEA – Agência Internacional de Energia

IIASA – Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados

ILO – Organização Internacional do Trabalho

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MME – Ministério de Minas e Energia

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

NREL – Laboratório Nacional de Energia Renovável

OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo

PIB – Produto Interno Bruto

PNUD – ou UNDP, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

Proálcool – Programa Nacional do Álcool

RFA – Associação dos Combustíveis Renováveis

RFS – Programa de Padronização de Combustíveis Renováveis

SEFI – Iniciativas Financeiras em Energia Sustentável

UDOP – União dos Produtores de Bioenergia

UE – União Européia

UFOP – União dos Produtores de Óleo e Proteínas de Óleo da Alemanha

UN – ou ONU, Organização das Nações Unidas

UNCTAD – Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento

UNEP – Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas

UNICA – Associação da Agroindústria Canavieira

USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

UNSTATS – Departamento de Estatística da ONU

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

RESUMO 7

ABSTRACT 8

LISTA DE FIGURAS 9

LISTA DE TABELAS 10

1 INTRODUÇÃO 17

1.1 Objetivos 24

2 SITUAÇÃO ATUAL DOS BIOCOMBUSTÍVEIS 25

2.1 Etanol 28

2.2 Biodiesel 29

3 ASPECTOS ECONÔMICOS 32

3.1 Macroeconomia: Alemanha, Brasil e Estados Unidos 33

3.2 Aspectos econômicos relacionados aos biocombustíveis nos países considerados 37
3.2.1 Alemanha 38
3.2.2 Estados Unidos 46
3.2.3 Brasil 58

3.3 Custos de produção e produtividade 65

3.4 Logística 68

3.5 Barreiras tarifárias e subsídios 69
3.5.1 Alemanha 69
3.5.2 Estados Unidos 72
3.5.3 Brasil 74

3.6 Barreiras não tarifárias 76

4 ASPECTOS SOCIAIS 79

4.1 Aspectos gerais do trabalhador rural 81
4.1.1 Alemanha 81
4.1.2 Estados Unidos 82
4.1.3 Brasil 84

4.2 Correlação entre trabalhador rural e os biocombustíveis 86
4.2.1 Alemanha 86

4.2.2 Estados Unidos 88
4.2.3 Brasil 91
4.2.4 Possíveis causas do surgimento do trabalho sazonal na agricultura 95

4.3 Outras políticas 100
4.3.1 Alemanha 100
4.3.2 Brasil 100
4.3.3 Estados Unidos 102

5 CENÁRIOS PARA BIOCOMBUSTÍVEIS 105

5.1 Cenários para biocombustíveis no Brasil, Estados Unidos e Alemanha 107
5.1.1 Descrição dos Cenários 107
5.1.2 Resultados e discussão 111

5.2 Outros países potencialmente candidatos à produção de biocombustíveis 112

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 115

REFERÊNCIAS 117

ANEXO I 132

1 INTRODUÇÃO

O termo biocombustível é utilizado para qualquer combustível derivado de biomassa, tal como o etanol, o biodiesel, o metano e o carvão vegetal, entre outros. A abundância e a diversidade de matérias-primas distribuídas pelo planeta e o domínio da tecnologia utilizada pela agroindústria fazem da biomassa uma boa fonte de energia renovável. A partir da biomassa, é possível gerar energia elétrica e também produzir biocombustíveis líquidos para substituir os combustíveis fósseis em veículos automotores. Neste trabalho, entretanto, serão discutidas apenas as questões sociais e econômicas dos biocombustíveis para transporte – etanol e biodiesel.

O etanol brasileiro é há muito tempo produzido a partir da cana-de-açúcar, enquanto o norte-americano é produzido a partir do milho e o alemão, em sua maioria, é produzido a partir de beterraba e centeio, já o biodiesel apresenta uma larga gama de matérias-primas.

A complexidade da cadeia produtiva de biocombustíveis, envolvendo assuntos de interesse local e global relacionados aos aspectos econômicos e ao bem-estar social, provoca debates na atualidade, entre os quais figuram o uso da terra os subsídios e as barreiras tarifárias e não tarifárias.

Dentre os fatores de interesse da sociedade mundial relacionados ao combustível veicular estão os poluentes gerados durante a combustão que podem causar poluição local e exacerbar o fenômeno do aquecimento global. Argumenta-se que este fenômeno foi superestimado, mas segundo o IPCC[1] existem fortes evidências da contribuição de atividades humanas no aumento da temperatura da Terra nos últimos cinqüenta anos (HARRIS, 2006). Assim, a comunidade científica discute além da mitigação dos gases do efeito estufa, a adaptação[2] aos efeitos das mudanças climáticas como forma de ação coadjuvante à nova realidade. Entretanto, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2009) alega que com relação aos ecossistemas, a velocidade das mudanças pode estar acima da capacidade de regeneração dos mesmos. A EPA (2009) ainda enfatiza que sob o aspecto social a capacidade de adaptação entre as sociedades é distinta.

Na verdade, seria de fundamental importância a questão da mitigação, muito mais do que a adaptação. Todavia, nas discussões internacionais, principalmente no Protocolo de Quioto, a adaptação aparece cada vez mais com maior importância, daí o papel relevante dos

---

1 Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.

2 No contexto, são fundamentais para reduzir os impactos do aquecimento global. Disponível em: http://www.unep.org/climatechange/LinkClick.aspx?fileticket=vyttfYtHi4Y%3D&tabid=389&language=en-US.

biocombustíveis que seriam alternativas para mitigação da emissão de poluentes atmosféricos no setor de energia. Deve ser ressaltado que 14% das emissões de gases efeito estufa no mundo são devidas ao setor de transporte (WRI, 2006) e, neste caso, não há outras tecnologias comercialmente disponíveis a não ser os biocombustíveis.

Apesar das vantagens ambientais mencionadas, há que se discutir também os aspectos sociais e econômicos. Como já existem inúmeros trabalhos discutindo os aspectos ambientais, nesta dissertação optou-se pela análise das questões sociais e econômicas nos países selecionados, talvez não suficientemente analisados até então.

Supostamente, o crescimento econômico de países emergentes, como o Brasil, a Índia e a China, deve ser acompanhado por um aumento na demanda de energia, o que pode causar pressões no meio ambiente pela exploração de matérias-primas e/ou pela disposição de resíduos. Por outro lado, a manutenção do padrão de consumo energético atual, por parte dos países desenvolvidos, também pode apresentar o mesmo efeito.

Alinhados às preocupações atuais causadas pelas variações nas reservas e nos preços do petróleo, pelo crescimento populacional e pela preservação ambiental, vários países estão buscando maior grau de sustentabilidade diversificando suas matrizes energéticas com a produção de biocombustíveis. Como exemplo dessa diversificação, em um documento da SEFI/UNEP (2007), foi reportado que 26% dos investimentos mundiais do ano anterior foram destinados aos biocombustíveis e 10%, aos derivados de biomassa e de resíduos.

Seguindo a tendência mundial de encontrar fontes alternativas de energia para substituir combustíveis de origem fóssil no setor de transporte, o Brasil, os Estados Unidos e a Alemanha se destacam no cenário atual por serem os maiores produtores e consumidores de biocombustíveis. Em 2008, a Alemanha liderou a produção de biodiesel com 3,28 bilhões de litros (EBB, 2008). Neste mesmo ano a produção norte-americana de etanol foi de 34 bilhões de litros (RFA, 2008) e a brasileira de 27,5 bilhões de litros (MAPA, 2009).

No entanto, de acordo com dados da BP (2009b), o mundo ainda depende de forma significativa das fontes de energia de origem fóssil. Esta tendência não é diferente nos Estados Unidos e na Alemanha que obtêm a maior parte da sua energia consumida de combustíveis fósseis tais como petróleo e carvão.

O consumo de energia primária dos Estados Unidos em 2008 alcançou 20,4% do total da energia primária mundial, correspondendo a 11.295 milhões de tep[3]. O consumo alemão e o brasileiro corresponderam a 2,8% e 2,0% do total de energia primária,

3 Tep significa tonelada equivalente de petróleo.

respectivamente (BP, 2009a). Porém, dentre os três países estudados o Brasil é o que apresenta a matriz energética com maior participação das fontes de energia renováveis.

O quadro atual indica que os Estados Unidos também são grandes consumidores de petróleo, alcançando um consumo diário correspondente a 22,5% do total mundial de 85 milhões de barris[4] de petróleo no ano de 2008. O consumo da China, segunda colocada, foi de 9,6%, enquanto a Alemanha consumiu 3,0%, o Brasil, 2,7%, e a Índia, 3,4% (BP, 2009b).

Esses dados energéticos não se mostram *per se* figuras significativas para a proposta comparativa deste estudo; porém, quando confrontados a outros indicadores, eles permitem a comparação não apenas do padrão de consumo de energia como também da produtividade econômica pela adição do indicador Produto Interno Bruto[5] (PIB). Comparando-se os três países observa-se que o Índice de Produtividade alemão foi o que apresentou o melhor desempenho.

Com relação aos aspectos sociais, os indicadores importantes para complementar a proposta comparativa deste estudo são o Índice de Desenvolvimento Humano[6] (IDH) e o Índice de Gini[7]. A forte vertente social da Alemanha refletiu no menor Índice de Gini entre os três países, 28,3. Com relação ao IDH os Estados Unidos apresentaram o melhor índice, 0,950 (UNDP, 2008).

Relativamente aos fatores sociais que envolvem a produção de biocombustíveis, as condições de trabalho e a remuneração dos trabalhadores de base apresentam falhas, como em outras culturas agrícolas. Neste estudo foi investigado o trabalhador temporário rural, segundo sua origem e características principais, a fim de conhecer seu perfil.

Normalmente, o trabalhador temporário é jovem imigrante, aceita condições de trabalho mais duras e menor remuneração, conforme descrição de estudos realizados nos Estados Unidos (ERS/USDA, 2008), Alemanha (HOLST *et al.*, 2008) e Brasil (MORAES; FIGUEIREDO, 2008; PALVIQUERE[8], 2009).

---

4 Um barril de petróleo contém 159 litros.

5 PIB: O produto interno bruto (PIB) é um indicador macroeconômico da atividade econômica que é obtido pela soma (monetária) de todos os bens e serviços finais produzidos na economia de um país, estado, cidade ou região durante um período de tempo.

6 O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida comparativa que engloba três dimensões: riqueza, educação e esperança média de vida. É uma maneira padronizada de avaliação e medida do bem-estar de uma população, na qual todos os países são classificados nos grupos: IDH alto se o índice for de 0,80 ou mais, IDH médio, entre 0,50 e 0,79, e IDH baixo, menor do que 0,50 (UN, 2009).

7 O Índice de Gini é utilizado para medir a desigualdade na distribuição de renda e, conseqüentemente, a concentração de riqueza, em percentagem. Este índice consiste em um número entre 0 e 1, sendo que 0 corresponde à completa igualdade, todos com a mesma renda, e 1 corresponde à desigualdade total, apenas uma pessoa concentra toda a renda.

8 PALVIQUERE S. D., 2009. Sindicato Rural de Ribeirão Preto. Comunicação pessoal em julho de 2009.

Quanto à disponibilidade de terras para a agricultura destinada aos biocombustíveis, na Alemanha a possibilidade de expansão da fronteira agrícola até o ano de 2020, está entre 2,5 e 4 milhões de hectares (BMU, 2009a). Acima deste limite, o aumento da produção de biocombustíveis depende do desenvolvimento tecnológico (DIE BUNDESREGIERUNG, 2008a).

Os Estados Unidos apresentam situação semelhante onde o aumento da produção após 2015 está vinculado a ganhos tecnológicos nas usinas ou desenvolvimento em escala comercial de biocombustíveis avançados[9] (EERE, 2008a). Entretanto, este é um assunto polêmico e objeto de discussões significativas.

O Brasil destaca-se por sua disponibilidade de terras agriculturáveis para expansão da fronteira agrícola. De acordo com a UNICA (2009a), em 2007, do total de 355 milhões de hectares terras que poderiam ser ocupadas por agricultura 21% já estavam ocupadas com algum tipo de cultura das quais a cana-de-açúcar e a soja representavam 1% e 5,8%, respectivamente. Além disso, a quantidade de terras disponíveis era de 30% e a quantidade de terras ocupadas por pastos era de 49%. Nestes há possibilidade de serem desenvolvidas atividades mais intensivas liberando terras para atividade agrícola, como ocorrido no Estado de São Paulo (LORA, 2006). Na verdade, se os 200 milhões de hectares atualmente ocupados pela pecuária com baixa densidade (menos de 1 cabeça por hectare) forem utilizados de forma mais intensiva (1,4 milhões de hectares, como no Estado de São Paulo), ficariam disponíveis cerca de 60 milhões de hectares (GOLDEMBERG *et al*., 2008a) para fins alimentícios e/ou energéticos.

No que se refere à tecnologia para obtenção de etanol a partir de celulose, ainda está em fase de desenvolvimento e o preço de produção é muito elevado se comparado ao das tecnologias de primeira geração, apontando a necessidade de maiores pesquisas e de suporte político para que essa tecnologia se torne economicamente viável[10]. A segunda geração (como etanol de lignocelulose, H-Bio, Biorefinarias Integradas) ainda depende de longo tempo para ser comercialmente viável (BIOTOP, 2009).

Quando se analisa as questões de produção e distribuição, o etanol possui uma estrutura logística consolidada e bem distribuída pelo Brasil, efetuada pelo modo rodoviário, ferroviário e por dutos, tanto para etanol anidro como para o etanol misturado à gasolina (GTZ, 2005) sendo comercializado nos 35 mil postos de combustível, em 2008. No caso do

---

9 Incluem etanol celulósico derivado da biomassa—como resíduos de madeira, de capins, e resíduos agrícolas — bem como biodiesel, butanol e outros combustíveis.

10 Na verdade este não é o objetivo principal deste estudo detalhamento deste assunto, uma vez que já vem sendo discutido em inúmeros outros estudos.

biodiesel, a produção ainda é pequena, enfrentando problemas no sistema de produção e venda do biodiesel por falta de infra-estrutura e de logística e pelo fato de que o volume transportado é pequeno, fazendo com que o transporte se torne mais oneroso (ANP, 2009a).

Na Alemanha os postos de combustíveis que comercializam biodiesel misturado ao diesel podem ser encontrados em todo país. Diferentemente do biodiesel, que começou a produção em escala comercial em 1995, o etanol consumido na Alemanha até 2004 era em sua maioria proveniente de importações. Neste período iniciou-se a construção de várias usinas de etanol (VAN THUJL, 2006) e a reforma de outras, anteriormente produtoras do aditivo MTBE[11], para que se tornassem produtoras de ETBE[12]. Ainda com relação aos aditivos para gasolina, devido a um problema da pressão de vapor nos motores dos veículos não é possível adição direta de etanol que é utilizado para fabricação do ETBE. A produção de veículos *flex fuel* para gasolina e etanol começou em 2005 e os postos de abastecimento para E-85 não eram tão comuns como os para biodiesel (3rd GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2005).

Nos Estados Unidos, a maioria das usinas de biocombustíveis está localizada no Centro-Oeste, perto das zonas produtoras de soja e de milho, e distantes dos centros consumidores. Como não é possível fazer o transporte pelos oleodutos existentes, o modo de transporte vigente é rodoviário, utilizando infra-estrutura rodoviária desenvolvida para atender à indústria química. De acordo com Departamento de Energia EERE (2008a), o transporte rodoviário não representa um gargalo para distribuição de biocombustíveis, estimando que em 2022 o mesmo possa corresponder a 5% do tráfego rodoviário. O gargalo encontra-se nas unidades de mistura e distribuição, que têm necessidade de ampliação. A gasolina com baixa concentração de etanol é encontrada no país inteiro e os postos de combustíveis para E-85 estão concentrados perto das regiões produtoras, que corresponde ao chamado “cinturão do milho”.

O etanol brasileiro já atingiu maturidade de mercado estando livre de subsídios diretos à sua produção e também não há controle de preços por parte do governo desde 1999 (COELHO, 2005). Quanto aos incentivos para o biodiesel brasileiro, o programa em vigor está apoiado em dois mecanismos: a obrigatoriedade do Selo Combustível[13], para participar

---

11 O éter metil-terc-butílico é conhecido pela sigla em inglês MTBE e consiste em um éter adicionado à gasolina com a função de aumentar a octanagem acrescentando oxigênio à reação durante a queima.

12 O etil-ter-butil-eter butílico é conhecido pela sigla ETBE consiste em um éter adicionado à gasolina com a função de aumentar a octanagem.

13 Selo Combustível Social (SCS) – É uma certificação concedida pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário, exigida para participação de empresas produtoras de biodiesel nos leilões da Agência Nacional do

dos leilões da ANP[14], e um sistema de redução de impostos baseado na região, no tipo de produtor e na matéria-prima de origem do biodiesel.

Nos Estados Unidos, em 2008, dos mais de 946 bilhões de dólares recebidos em forma de subsídios para as diferentes fontes de energia, o etanol recebeu a maior percentagem, correspondendo a 26,5% e, no caso do biodiesel, a 9,9% (TEXAS STATE, 2008). O biodiesel é isento de tributação como combustível naquele país, mas é tributado pela norma de produto líquido. O etanol recebe US$ 0,13 por litro misturado à gasolina, até o limite de 7,5 bilhões de litros produzidos ou importados. O etanol proveniente de importação, dos países do Caribe onde há acordos comerciais, é isento de taxa de importação (RFA, 2008). Esta rota caribenha de exportação é estratégica para diminuir o imposto sobre etanol importado do Brasil que está fixado em US$ 0,14 por litro, mais uma taxa de 2,5% do valor importado. Porém, esta estratégia não resolve a barreira de uma tarifa menos favorável ao etanol brasileiro, pois existe um teto de importação limitado em 7% da produção norte-americana no ano anterior.

Na Alemanha também há influência dos subsídios na competitividade de mercado dos biocombustíveis (3rd GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2005). Em 2004, quando a Alemanha iniciou seu programa, os biocombustíveis eram totalmente isentos de impostos. Em 2005, a isenção de impostos para o etanol era de € 0,65 por litro (KUTAS *et al*., 2007) e o etanol importado de determinados países em desenvolvimento, com os quais existe acordo, é isento de tributação. Os demais países são tributados em € 0,19 por litro de etanol puro e € 0,10 por litro para o etanol que contém aditivos. Atualmente, o biodiesel na Alemanha é tributado em € 0,182 por litro e o diesel em € 0,470 por litro (UFOP, 2009a). Esta diferença nas alíquotas garante a competitividade do biodiesel frente ao diesel convencional.

No que tange à política atual de biocombustíveis na matriz energética, a legislação brasileira estabelece a mistura de 20 a 25% de etanol à gasolina e 4% de biodiesel ao diesel. Nos Estados Unidos existe a meta de redução do consumo de gasolina em 20% até 2017 (EERE, 2008b). A Alemanha acompanha as metas estabelecidas pela União Européia, que propõem um aumento gradativo da adição de combustíveis alternativos na matriz energética, a próxima meta que deve ser alcançada é de 5,75% no ano de 2010.

O Brasil é um exemplo de que produzir biocombustíveis é uma atividade economicamente viável nos países em desenvolvimento, facilitado pelo baixo custo de

---

Petróleo (ANP). O selo é concedido às empresas que compram percentuais mínimos da matéria-prima utilizada de agricultura familiar, sendo também importante para a definição do incentivo à região onde foi produzida.

14 Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

produção e disponibilidade de terras. Enquanto os Estados Unidos e a Alemanha ainda precisam lidar com a polêmica da disponibilidade de terras e a dependência de desenvolvimento tecnológico para obter aumentos na produção e a necessidade de subsídios devido ao alto custo de produção.

A reprodução da experiência brasileira de produção de biocombustíveis em outros países em desenvolvimento pode ajudá-los a exercer uma atividade econômica de importância estratégica, com a criação de inúmeros postos de trabalho. Mas para isto é imprescindível a eliminação de barreiras comerciais aos países em desenvolvimento. No entanto, a redução ou eliminação de barreiras não acaba com o protecionismo porque há migração para outros tipos de resistência, as denominadas barreiras não tarifárias que, segundo Stiglitz (2006), podem ser alcançadas por outras práticas comuns como barreiras técnicas ou da origem do produto normalmente inclusas nas normas e certificação (COELHO, 2005).

Esses assuntos serão discutidos detalhadamente e comparativamente nos próximos capítulos econômico e social.

Neste contexto, este estudo está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta a situação atual, que consiste de uma visão geral tanto dos biocombustíveis quanto das matérias-primas para produção de etanol e biodiesel; o capítulo 3 aborda os aspectos econômicos desde a macroeconomia até os aspectos econômicos específicos dos biocombustíveis etanol e biodiesel; o capítulo 4 descreve os aspectos sociais de um modo geral e, particularmente, a população rural envolvida na produção de matérias-primas para biocombustíveis; o capítulo 5 dispõe sobre cenários de utilização da terra por biocombustíveis; o capítulo 6 corresponde às considerações finais.

1.1 Objetivos

Dado o contexto acima, este estudo tem como objetivo principal analisar a situação dos biocombustíveis etanol e biodiesel produzidos na Alemanha, no Brasil e nos Estados Unidos, comparando as vantagens e desvantagens entre eles, sob os aspectos social e econômico. Para tal, é necessário compor uma abordagem holística apresentada a seguir:

- Levantamento bibliográfico histórico e político relacionado à produção de biocombustíveis nos três países.
- Levantamento dos principais fatores da macroeconomia de cada país relacionados à produção de biocombustíveis.
- Levantamento dos aspectos econômicos inerentes à produção de biocombustíveis.
- Levantamento de outros vetores tais como, barreiras tarifárias, barreiras não tarifárias, logística e subsídios.
- Levantamento dos aspectos sociais que envolvem o trabalhador rural nas culturas propícias para biocombustíveis.
- Levantamento do perfil do trabalhador rural de base da agricultura destinada aos biocombustíveis e comparação da situação encontrada nos três países.
- Determinação da competitividade dos preços, dos biocombustíveis com os combustíveis fósseis.
- Elaboração de cenários que simulem a quantidade de terra necessária para que os países em questão alcancem metas semelhantes às estipuladas pela Diretiva Européia de 2003 (5,75% até 2010 e 20% até 2020 de combustíveis alternativos, estas metas estavam planejadas antes da revisão da Diretiva em 2009).

2 SITUAÇÃO ATUAL DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

Comercialmente, há duas possibilidades de substituição total ou parcial de combustíveis fósseis líquidos por biocombustíveis, substituindo-os ou misturando-se a gasolina ao etanol e substituindo-se ou misturando-se biodiesel ao diesel. A escolha do etanol e do biodiesel para este estudo deve-se ao fato de serem estes os biocombustíveis que apresentam maturidade de mercado, domínio científico e bases de dados mais amplas, sendo também disponíveis comercialmente.

A Figura 1 mostra a produção de biocombustíveis a partir das referidas matérias-primas nos três países; nota-se que a produção de etanol na Alemanha ainda é inexpressiva, sendo destinado principalmente para substituição de MTBE por ETBE. A produção de biocombustíveis na Alemanha é baseada principalmente em biodiesel a partir do óleo de canola[15], a única matéria-prima aceita pela indústria automobilística local.

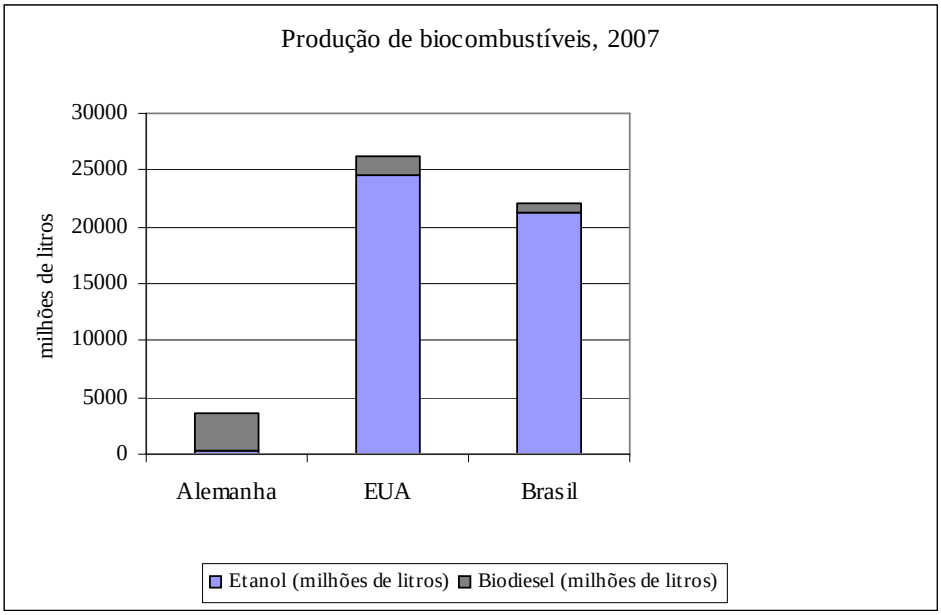


Figura 1 - Produção de biocombustíveis, Alemanha, Brasil e Estados Unidos
Fonte: BANCO MUNDIAL, 2007a

Atualmente, no Brasil, na Alemanha e nos Estados Unidos, tanto o uso do etanol como do biodiesel coexistem, entretanto o tipo de matéria-prima utilizada e a produtividade variam significativamente de país para país.

15 Canola é a versão canadense da colza ou "rapeseed" que, por apresentar baixos teores de ácidos, é chamada de "Canadian oil low acid". A canola também é conhecida como "rape methyl ester" ou RME.

Para efeito de comparação da produção e situação atual do biodiesel nos três países contemplados neste estudo, a abordagem dar-se-á pela matéria-prima mais utilizada para sua produção em cada país. Assim, a matéria-prima do biodiesel para a Alemanha é a colza, e para o Brasil e os Estados Unidos é principalmente[16] a soja. Quanto ao etanol, consideraram-se as seguintes matérias-primas: para o Brasil, a cana-de-açúcar, para Alemanha, a beterraba, e para os Estados Unidos, o milho.

Diferentes tipos de matéria-prima possuem concentrações distintas de energia, que expressam as vantagens em utilizar uma biomassa em detrimento da outra. Essas vantagens podem ser aumentadas por melhores tecnologias, como a utilização da cogeração a partir de resíduos da produção do etanol. Conforme Macedo *et al.* (2005), a razão energia renovável/energia fóssil necessária para a produção do etanol indica que, dentre as principais matérias-primas dos países relacionados neste estudo, o etanol brasileiro produzido a partir da cana-de-açúcar possui o melhor balanço energético, de 8,9, seguido pelo etanol de beterraba alemão, de 2,0 e do etanol de milho americano, de 1,3.

O milho (*Zea mays*) é uma gramínea sem restrições de cultivo, que se adapta a qualquer tipo de terreno, clima e altitude, podendo ser cultivada em quase todo o mundo. Sua produtividade é variável, de cerca de 2,5 t/ha, dependendo da fertilidade do solo e das técnicas agrícolas (NOGUEIRA, 2003). Dentre as variedades de milho para grão, o híbrido é o mais utilizado para produção de biocombustíveis. Nos Estados Unidos, são cultivados dois tipos de milho: o milho verde[17], que é utilizado na alimentação, e o milho para grão, que pode ser utilizado como matéria-prima para etanol.

A cana-de-açúcar (*Saccarum officinarum*) é uma gramínea que contém um alto teor de açúcares, necessitando de precipitação pluviométrica bem distribuída durante o ano, de, no mínimo, 1.200 a 1.300 mm, e temperatura entre 20 °C e 24 °C, sendo que não tolera geadas (NOGUEIRA, 2003).

---

16 No Brasil há diferentes matérias-primas para produção de biodiesel conforme a região do país, mas a principal é a soja.

17 Milho indígena, também chamado de “sweet corn”, é uma variedade de milho com alto teor de açúcar. O milho é o resultado de uma mutação recessiva natural. Com relação ao uso do milho verde “sweet corn” como matéria-prima para produção de biocombustíveis, argumenta-se que o milho verde e a batata doce poderão diminuir a pressão sobre o milho para grão. Considerando o conteúdo de açúcar, o milho verde pode ser geneticamente modificado atingindo mais de 40% de açúcar. Esta é uma opção de matéria-prima superior ao milho para grão, que, normalmente, contém de 2 a 3% de açúcar. Já a batata doce tem conteúdo de açúcar similar ao milho verde com mais de 35%. SOUTHEASTFARMPRESS, 2009.
Disponível em: http://southeastfarmpress.com/news/012307-biofuel-southeast/ [Acessado em; setembro, 2008].

No Brasil, devido ao regime de chuvas, há dois regimes de safra da cana-de-açúcar: um para o Centro-Sul (de abril a dezembro) e outro para a Região Norte-Nordeste (outubro a março). Esse diferencial permite, em tese, a integração das colheitas, o que significa oferta de etanol durante o ano todo[18].

A cana-de-açúcar provê três produtos: açúcar, álcool e eletricidade (o bagaço da cana fornece a energia térmica necessária para a fermentação do álcool de cana, energia elétrica para a usina e a eletricidade excedente é comercializada)[19]. Já o uso energético do milho dá-se pela produção de álcool pelo processo de fermentação, à custa de uso de combustíveis fósseis (gás e carvão mineral) em seu processo produtivo.

Com relação às diferenças existentes, devido à matéria-prima de produção do etanol, pode-se citar que o milho pode ser estocado, mas o mesmo procedimento não é possível para a cana-de-açúcar. Dessa forma, a cana deve ser moída em menos de 72 horas após o corte para evitar perda de qualidade pela ação de bactérias e de fermentos (UNICA, 2007).

Quanto ao intervalo de semeadura, a cultura da cana é semi-perene, pois pode ser cortada e colhida sem a necessidade de replantio por 5 a 7 safras. No entanto, deve-se levar em conta o intervalo necessário entre os replantios, no qual podem ser cultivadas leguminosas (amendoim) que ajudam a nitrogenar o solo (UNICA, 2007). Após esse intervalo, pode-se replantar a cana. Já o milho, que é uma cultura temporária, precisa ser replantado anualmente.

Não há informações detalhadas sobre a parte agrícola da produção de matéria-prima de etanol na Alemanha, uma vez que os biocombustíveis naquele país são voltados principalmente para o biodiesel.

---

18 Entretanto, na região N-NE do Brasil, a produção de cana-de-açúcar vem se reduzindo cada vez mais devido às condições climáticas, baixa produtividade e elevado custo de produção. Assim, atualmente, em torno de 80% da cana-de-açúcar se concentra no Centro-Sul.

19 O bagaço é o resíduo lignocelulósico resultante da moagem da cana-de-açúcar, apresentando grande quantidade de fibras, o que justifica seu aproveitamento como combustível em caldeiras de usinas, substituindo outros combustíveis fósseis (UNICA, 2007).

2.1 Etanol

Há dois tipos de etanol, o hidratado e o anidro, denominados Álcool Etílico Hidratado Combustível (AEHC) e Álcool Etílico Anidro Combustível (AEAC). Este último apresenta teor alcoólico mínimo de 99,3º INPM (C_2H_5OH).

A reação química básica para a produção do etanol é a fermentação biológica dos carboidratos presentes. O álcool resultante do processo é o hidratado, que é um líquido incolor e que necessita de mais uma etapa de desidratação para que se obtenha o álcool anidro.

O que diferencia o etanol anidro do hidratado é o teor de água na sua constituição: cerca de 0,5% em volume, no anidro, e de 5% em volume, no hidratado (UNICA, 2007). Outra diferença entre eles é que o hidratado só pode ser utilizado em motores projetados para este combustível, como é o caso do motor a álcool ou do motor de veículos do tipo *flex fuel*.

O álcool anidro é misturado à gasolina "A[20]", originando a gasolina "C[21]" brasileira, cujo teor de álcool é determinado por Portaria do Ministério da Agricultura, sendo que, atualmente, a mistura está em 25% de álcool anidro (ANP, 2009c). É importante destacar que o álcool etílico hidratado combustível é especificado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), descrito na Resolução ANP 36/2005, estando proibida a sua comercialização com corante laranja, que indica adulteração do combustível (ANP, 2009c).

Nos Estados Unidos, o etanol é produzido a partir do açúcar extraído do milho, que precisa ser processado por intermédio de enzimas, o que significa gastos extras: as enzimas (alfa-amilase e gluco-amilase) são necessárias para quebrar o polissacarídeo das moléculas do milho. Na etapa seguinte, utiliza-se um fermento para iniciar o processo a partir do qual o álcool é obtido. Para que este álcool tenha características de combustível, precisa ser destilado e, subseqüentemente, desnaturado com gasolina.

Quando a cana é utilizada como matéria-prima, o processo de fermentação apresenta intervalo de tempo menor, pois esta é composta de açúcares mais simples (sacarose), que passam diretamente para álcool. Já o milho precisa de 40 a 70 horas de fermentação, pois suas moléculas de polissacarídeos precisam ser desdobradas em açúcares mais simples e só depois em etanol.

---

20 Gasolina A: é a gasolina que sai da torre de destilação.

21 Gasolina C: consiste na mistura de gasolina A ao álcool etílico anidro combustível. A proporção variável entre 20 e 25% é definida pela portaria do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, condicionada à aprovação do Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool – CIMA, podendo variar de 20 a 25%, conforme a Lei n° 10.696/2003.

Em relação à produtividade, um hectare de milho americano produz 3.100 litros de etanol, enquanto um hectare de cana-de-açúcar brasileira produz 6.800 litros de etanol, e um hectare de beterraba alemã produz 5.500 litros de etanol (UNICA, 2009b).

2.2 Biodiesel

O biodiesel consiste de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol (PARENTE, 2003). Dessa forma, é possível obter-se um substituto renovável do óleo diesel convencional que apresenta propriedades físico-químicas semelhantes com redução de emissão de poluentes (GARCIA, 2006).

O biodiesel não contém componentes derivados de petróleo, podendo ser empregado na forma pura ou mesmo misturado em qualquer proporção com o diesel convencional, de modo a formar uma mistura diesel/biodiesel. De acordo com a nomenclatura definida pela ASTM[22] (D6751) a concentração do biodiesel em uma mistura recebe a notação BXX, em que XX é a percentagem em volume do biodiesel à mistura (NBB, 2009). Para exemplificar pode-se citar o B-2, B-5, B-20 e B-100, estes são combustíveis em que a concentração de biodiesel é de 2%, 5%, 20% e 100%, respectivamente.

A produção de biodiesel compreende as etapas de preparação da matéria-prima, de reação de transesterificação, da separação de fases, da recuperação e da desidratação do álcool, da destilação da glicerina e da purificação dos ésteres (MDA, 2005).

A reação química de produção do biodiesel é a transesterificação, em que um lipídio reage com um álcool para formar ésteres e um subproduto, o glicerol (ou glicerina). Existe a necessidade de um catalisador para acelerar a reação. Dependendo do álcool – etanol ou metanol – utilizado na reação, podem-se seguir duas rotas de produção: a rota etílica e a rota metílica.

A rota metílica é a mais utilizada e apresenta vantagem pelo seu menor custo de produção. É a mais comum, pois apresenta maior facilidade na etapa de separação e de purificação do biodiesel, pela superioridade das propriedades fisico-químicas de equilíbrios, solubilidade e miscibilidade do metanol e seus ésteres. Porém, o metanol é produzido a partir de derivados do petróleo ou do gás natural (MDA, 2005). No caso do Brasil, há possibilidade

22 ASTM D 6751 é a norma norte-americana que define as propriedades do biodiesel.

de utilizar a vantagem comparativa da produção do etanol conjugando usinas de etanol e biodiesel.

Diversas matérias-primas permitem a obtenção dos triglicerídeos utilizados na produção de biodiesel, tais como os óleos de soja, de girassol, de amendoim, de algodão, de canola (colza), de babaçu, de dendê (palma), de mamona, entre outros, além da gordura animal. Esses óleos podem ser brutos, degomados ou refinados, bem como óleos residuais de fritura (PETROBIO, 2004). Acrescentam-se a essa lista os óleos e gorduras residuais, resultantes de usos domésticos, comerciais e industriais, que também constituem matéria-prima para a produção de biodiesel.

Sob o ponto de vista da constituição química, todos os óleos apresentam vantagens e problemas distintos: o óleo de mamona é solúvel em água, bem oxigenado, mas muito viscoso; o óleo de girassol é propenso a causar entupimentos no motor pela presença da cera; o óleo de dendê pode oxidar, caso não seja utilizado em até 24 horas depois de retirado do cacho; o óleo de algodão tem eficiência reduzida por componentes que podem formar sabão e o de pinhão manso produz mais sabão do que biodiesel, pois absorve água (BELTRÃO, 2008). Ainda, a soja apresenta baixo teor de óleo (em torno de 20%). A Tabela 1, a seguir, destaca o rendimento de cada óleo por hectare.

Tabela 1 - Características de oleaginosas com potencial de uso energético no mundo

Espécie	Origem do óleo	Conteúdo de óleo (%)	Ciclo para máxima eficiência	Meses de colheita	Rendimento em óleo(t/ha)
Dendê (Elacis guineensis)	Amêndoa	20	8 anos	12	3,0-6,0
Abacate (Persia americana)	Fruto	7-35	7 anos	12	1,3-5,0
Coco (Cocus numifera)	Fruto	55-60	7 anos	12	1,3-1,9
Babaçu (Orbignya martiana)	Amêndoa	66	7 anos	12	0,1-0,3
Girassol (Helianthus annus)	Grão	38-48	anual	3	0,5-1,9
Colza (Brassica campestris)	Grão	40-48	anual	3	0,5-0,9
Mamona (Ricinus comunis)	Grão	43-45	anual	3	0,5-0,9
Amendoim (Orachis hypogeae)	Grão	40-43	anual	3	0,6-0,8
Soja (Glycine max)	Grão	17	anual	3	0,2-0,4
Algodão (Gossypium hirsut)	Grão	15	anual	3	0,1-0,2

Fonte: NOGUEIRA, 2003

Com relação à matéria-prima para produção de biodiesel nos países analisados pode-se dizer que a soja é mais comumente utilizada, no Brasil e nos Estados Unidos, por sua disponibilidade e domínio de produção em larga escala para atender o mercado. Entretanto, a soja contém mais proteína em sua composição do que óleo apresentando um teor de óleo inferior ao da colza (EMBRAPA, 2004). A disponibilidade de uma matéria-prima com

condições de custo de produção, escala de produção e teor de óleo ideais expõe o gargalo da produção de biodiesel.

A soja apresenta melhor adaptação em localidades que apresentam temperaturas entre 20 ºC e 30 ºC, devendo-se evitar temperaturas abaixo de 20 ºC, que prejudicam a germinação, e acima 40 °C, que causam problemas na floração e diminuem a capacidade de retenção de vagens. Em temperaturas abaixo de 10 °C, pode não ocorrer crescimento. Para a etapa de semeadura, a temperatura ideal é de 25 °C e a floração ocorre quando a temperatura está acima de 13 °C. A disponibilidade hídrica também é fator importante para esta cultura, em que temperaturas elevadas, combinadas à insuficiência hídrica, podem diminuir a altura das plantas (EMBRAPA, 2007a). A produtividade média da soja brasileira é de 2.629 kg/ha e chega a alcançar 3.082 kg/ha no Estado de Mato Grosso (EMBRAPA, 2009). A produtividade da soja norte-americana é de 2.870 kg/ha (USDA, 2008a).

Como já mencionado, a colza produz o óleo de canola sendo a principal matéria-prima para produção de biodiesel na Europa e na Alemanha, pois reúne vantagens do elevado teor de óleo e da produção em escala comercial. A colza (Brassica napus L.) é uma cultura temporária típica de regiões temperadas com latitudes entre 35º e 55º. Além do óleo, que pode ter fins energéticos ou alimentícios, a colza gera um farelo rico em proteínas (34 a 38%), que é utilizado como ração animal. Quando empregada no sistema de rotação de culturas, promove a nitrogenização do solo (EMBRAPA, 2007b). A produtividade média fica em torno de 350 a 400 kg por hectare nas condições européias (CAE, 2004).

3 ASPECTOS ECONÔMICOS

Do ponto de vista histórico, a evolução da produção e o uso de biocombustíveis vêm de longa data. Em 1876, foi projetado o primeiro motor de combustão interna (Ciclo Otto) para utilizar como combustível o álcool e a gasolina (EIA/DOE, 2008a). Subsequentemente, o Modelo Ford T, de Henry Ford (1908), possibilitava a utilização de álcool, gasolina ou qualquer combinação dos dois combustíveis. Ainda no início do século passado, a Alemanha já fazia uso intensivo de álcool como combustível em tratores e automóveis, sendo que, em 1906, aproximadamente 10% dos motores produzidos naquele país eram projetados para usar álcool etílico puro (KOVARIK *et al.*, 2006).

No Brasil, desde 1920 os óleos vegetais são utilizados como combustíveis, e a primeira política brasileira de auxílio a um biocombustível foi a Lei Nº. 737, de 1938, que determinou a mistura de etanol em toda gasolina no país.

Nos anos setenta, com a guerra do *Yom Kippur*, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP)[23] determinou a elevação do preço do petróleo em 70%, com o intuito de embargar os Estados Unidos, que apoiava Israel (EIA/DOE, 2008a). Essa medida afetou a economia de países que, naquela época, baseavam sua matriz energética no petróleo, como era o caso dos países envolvidos neste estudo, Estados Unidos, Brasil e Alemanha.

O efeito dessa medida adotada pela OPEP foi o início de programas de apoio à diversificação da matriz energética no Brasil e nos Estados Unidos. Entre as novas opções para o uso de combustíveis, figuravam os biocombustíveis para aumentar a segurança energética nos países afetados. Em última análise, a elevação do preço do petróleo contribuiu para o desenvolvimento de fontes alternativas de energia, impulsionando o desenvolvimento tecnológico e a competitividade dos combustíveis obtidos a partir de biomassa.

Para ilustrar o grau de dependência brasileira ao petróleo, em 1975, o Brasil importava petróleo para suprir aproximadamente 42% do consumo de energia primária (MME, 2005). Outro motivo que estimulou o Brasil a iniciar seu programa de biocombustível foi a necessidade de auxílio ao setor sucroalcooleiro, que passava por uma crise devido ao baixo preço do açúcar no mercado internacional (COELHO, 1999).

---

23 OPEP é um cartel cujo objetivo é unificar a política petrolífera dos países membros, centralizando a administração da atividade, o que inclui o controle de preços e do volume de produção, estabelecendo pressões no mercado. Atualmente, treze países compõem esta organização: África (Angola, Argélia, Líbia, Nigéria); América do Sul (Venezuela, Equador); Sudeste Asiático (Indonésia); Oriente Médio (Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Irã, Iraque, Kuwait, Quatar).

Por sua vez, em 1975 o setor de transporte americano consumia 25% da energia primária proveniente de petróleo (EIA/DOE, 2009a) e a partir de 1981 os biocombustíveis começaram a aparecer como fonte de energia primária nos relatórios anuais de oferta de energia (EIA/DOE, 2008h).

Na Alemanha, até o ano 2000 o setor de transporte estava baseado em combustíveis fósseis importados (BMU, 2008). O que motivou o início de um programa para biocombustíveis nesse país foi a busca da redução de emissão dos gases do efeito estufa no setor de transporte, em conformidade com as metas da União Européia.

Como já mencionado, a Alemanha lidera a produção e consumo de biodiesel. Sua produção em 2007 atingiu 3,28 bilhões de litros desse biocombustível (EBB, 2008), enquanto o Brasil e os Estados Unidos dominam o mercado de etanol. Na safra de 2008, a maior produção mundial de etanol foi a norte-americana, com 34 bilhões de litros (RFA, 2008), e a brasileira ocupou o segundo lugar, com 27,5 bilhões de litros (MAPA, 2009). A Tabela 2 apresenta a produção de etanol e biodiesel nestes países, bem como a principal matéria-prima utilizada.

Tabela 2 - Produção de etanol e biodiesel

País	**Biodiesel** (bilhões litros)	**Matéria-prima**	**Etanol** (bilhões litros)	**Matéria-prima**
Brasil,2008/09 (1[a, b])	1,167	soja, dendê, mamona, gordura animal	27,5	cana-de-açúcar
EUA, 2008 (2)	2,584	soja	34	milho
Alemanha,2007 (3[c], 3[d])	3,28	colza	0,394	beterraba, cevada

Fonte: (1[a])ANP, 2009b e (1[b]) MAPA, 2009; (2) (EIA/DOE), 2009b; (3[c]) EUROPEAN BIODIESEL BOARD (EBB), 2008; (3[d]) BIOFUELS PLATFORM, 2007

3.1 Macroeconomia: Alemanha, Brasil e Estados Unidos

Esta seção descreve as principais características macroeconômicas relacionadas aos países em questão, a fim de situar o contexto geral em relação ao cenário global.

O sistema de governo da República Federal da Alemanha é a democracia, representada por uma república parlamentarista composta por 16 estados e localizada na porção central da Europa, compreendendo uma área total de 357.104 km^2. A população alemã, em 2008, era de 82.534,2 milhões de habitantes (UNSTATS, 2008a), apresentando

uma taxa de crescimento populacional negativa de 0,1%, em 2007 (BANCO MUNDIAL, 2009).

A República Federativa do Brasil também é uma democracia federal, porém de natureza presidencialista. Localizado na América do Sul, em uma área total de 8.514.876 km^2, com população total de 194.228 milhões de habitantes, em 2008 (UNSTATS, 2008a), sua taxa de crescimento foi 1,2 % positiva, em 2007 (BANCO MUNDIAL, 2009).

Os Estados Unidos da América, que também consistem em uma democracia de natureza republicana presidencialista, possuem 50 estados e o Distrito de Colúmbia, localizados na América do Norte, com área total de 9.826.630 km^2 e com uma população de 308.798,3 milhões de habitantes, em 2008, (UNSTATS, 2008a). Em 2007, a taxa de crescimento foi estimada em 1,0 % positiva (BANCO MUNDIAL, 2009).

O Produto Interno Bruto (PIB) americano em 2008 correspondeu a 25% do PIB mundial, de 54.347.038 milhões de dólares. Nesse mesmo ano, o PIB alemão representou 6%, e o brasileiro, 2,4% do PIB mundial (BANCO MUNDIAL, 2009). Entretanto, esse índice não mede o grau de distribuição de renda, que é medido pelo índice de Gini. Em 2008, este índice foi de 28,3, na Alemanha, refletindo a forte vertente social deste país; nos Estados Unidos e no Brasil, o índice ficou em 40,8 e 57, respectivamente (UNDP, 2008).

Relativamente ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), este é utilizado pelas Nações Unidas para medir o grau de desenvolvimento humano dos países servindo de base para classificação dos países em desenvolvidos, em desenvolvimento e subdesenvolvidos. Nesta classificação a posição dos Estados Unidos é 15° lugar com um índice IDH de 0,950 encontra-se em melhor colocação que a Alemanha (23° lugar) com um índice 0,940 e o Brasil (70° lugar) com um índice 0,807 (UNSTATS, 2008b).

Em 2007, o índice de inflação brasileiro (deflator do PIB[24]) foi o mais alto entre os três países, com 4%, a economia norte-americana teve inflação de 2,7% e a alemã, de 1,8% para o período mencionado (BANCO MUNDIAL, 2009).

A economia norte-americana, assim como a alemã, possui pouca participação do setor primário na composição do PIB, que pode ser demonstrado pela quota inexpressiva da agricultura no PIB de ambos. Em 2004, esta participação ficou em torno de 1% do PIB total na Alemanha e nos Estados Unidos, enquanto a economia brasileira teve participação agrícola de 10% no PIB. O setor industrial tem participação semelhante na composição do PIB dos três países de aproximadamente um terço (FAO, 2004).

---

24 O Deflator do PIB é a inflação implícita no PIB, medida pela movimentação do PIB real e do PIB nominal.

Comparando-se o consumo de energia primária dos países relacionados com o PIB, conforme exibem as figuras 2, 3 e 4 a seguir, verifica-se que a expansão das economias norte-americana e da alemã ocorreu com um gasto de energia menor do que a expansão da economia brasileira, indicando baixa produtividade[25] energética brasileira.

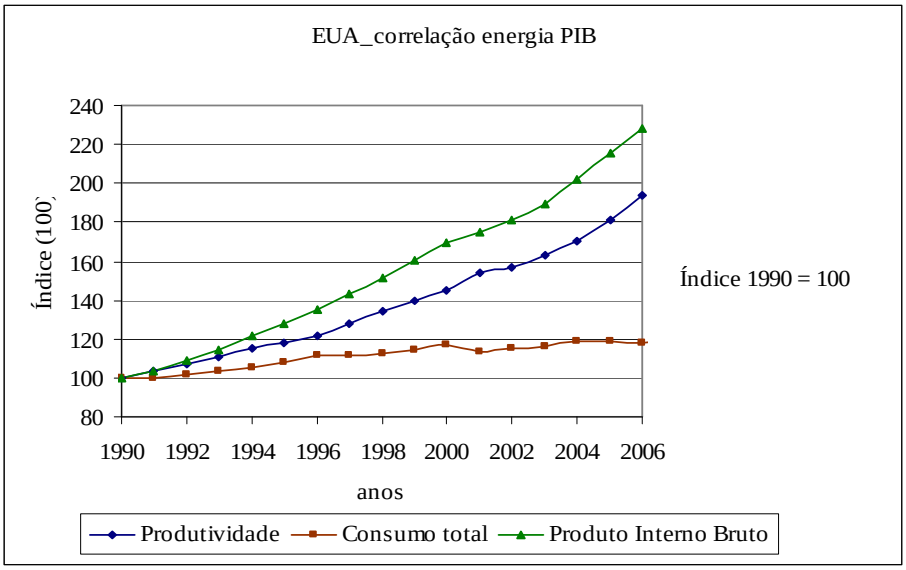


Figura 2 - Comparação do gasto de energia e crescimento econômico – Estados Unidos
Fonte: EIA/DOE, 2008d

Nos Estados Unidos, de acordo com os dados da Agência Internacional de Energia (EIA/DOE, 2008d), no período de 1990 a 2006, houve um crescimento do PIB e um aumento do gasto total de energia. Porém, a curva de produtividade energética acompanha o crescimento do PIB, indicando ganhos em eficiência energética (Figura 2).

25 A produtividade energética mede o resultado e a qualidade do produto gerado pela utilização de uma certa quantidade de energia, é a razão PIB/energia.

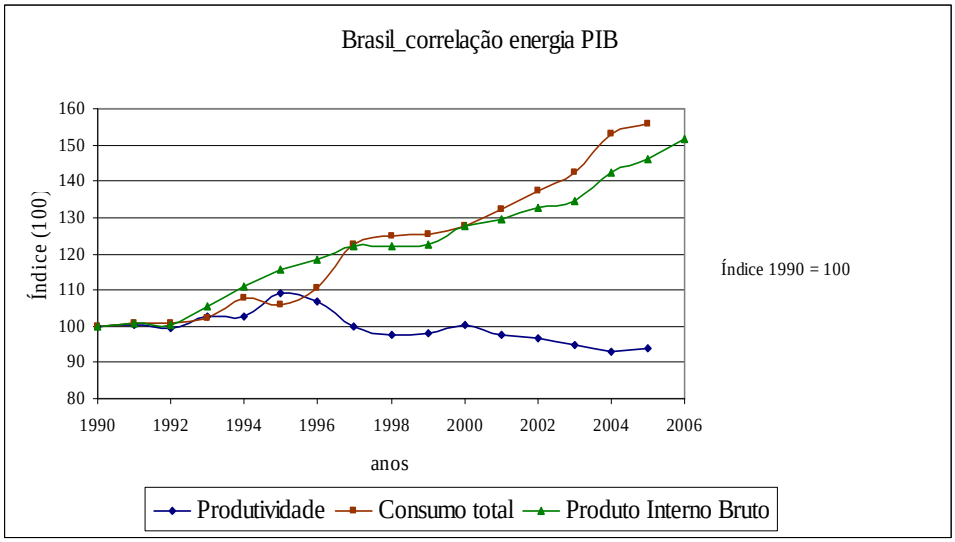


Figura 3 - Comparação do gasto de energia e crescimento econômico – Brasil
Fonte: EIA/DOE, 2008d

Ainda de acordo com dados da Administração de Informação de Energia (EIA), se a mesma análise for aplicada ao Brasil, houve um aumento do PIB brasileiro, mas a produtividade energética é decrescente, indicando perdas em eficiência energética (Figura 3).

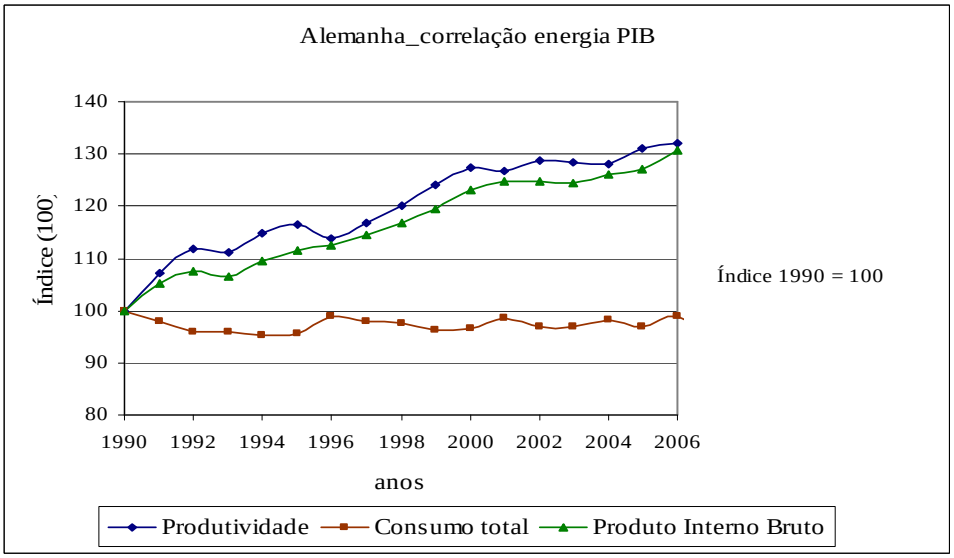


Figura 4 - Comparação do gasto de energia e crescimento econômico – Alemanha
Fonte: EIA/DOE, 2008d

No caso da Alemanha, constata-se situação semelhante à dos Estados Unidos, em que o crescimento do PIB é acompanhado pela produtividade energética, porém os ganhos em eficiência energética são maiores do que o norte-americano (Figura 4).

3.2 Aspectos econômicos relacionados aos biocombustíveis nos países considerados

Dentre os combustíveis obtidos a partir de biomassa, o etanol e o biodiesel possuem maturidade tecnológica para o mercado, mas apenas no caso brasileiro há a competitividade econômica sem necessidade de subsídios. O etanol é o biocombustível mais produzido no mundo, alcançando produção de mais de 65 bilhões de litros, em 2008 (RFA, 2008), sendo produzido principalmente nos Estados Unidos e no Brasil, como já discutido.

No caso dos biocombustíveis europeus, destaca-se o biodiesel, o qual apresenta competitividade apoiada em subsídios. O mesmo ocorre com o etanol, que não é competitivo frente à gasolina. O governo europeu garante incentivos fiscais aos produtores, visando à melhoria das condições ambientais, por meio da utilização de fontes de energia mais limpas, mas sabe-se também que há o objetivo de defender os interesses dos produtores agrícolas locais.

Tanto nos Estados Unidos como na Alemanha o aumento no preço dos alimentos ocorridos em 2007 causou críticas e levantou a questão da competição por terra.

Este fato refletiu na política de incentivos para biocombustíveis alemã, no final de 2008 (discutida no item 3.2.1). Nos Estados Unidos também houve críticas que foram contra argumentadas apontando o preço do petróleo como causa para o aumento no preço dos alimentos. Segundo Tyner (2008), o aumento no preço do petróleo teria atuado no preço dos fertilizantes, o que afeta qualquer produto agrícola, e estimulou a produção de biocombustíveis que se tornaram mais competitivos. O aumento na demanda elevou o preço da matéria-prima (milho), e como conseqüência, os produtores preferiram cultivar o milho à soja, deslocando a cultura da soja, que, por sua vez, teve sua oferta diminuída e o preço aumentado. O milho e a soja são precursores de produtos alimentícios e de ração animal, de maneira que todos os produtos que dependiam destas matérias-primas sofreram aumento proporcional nos preços.

Quanto à situação da cana-de-açúcar brasileira que pode ser utilizada para produzir tanto açúcar como etanol, em um documento do Banco Mundial (2007b), foi declarado que o etanol brasileiro não colaborou para o aumento do preço dos alimentos porque a oferta de açúcar brasileiro aumentou no referido período. A estimativa da cana-de-açúcar, para a safra 2008/09, indica uma produção esperada de 622,0 a 633,7 milhões de toneladas, em torno de 8,6% a 10,7% superior à obtida em 2007/08 (CONAB, 2009).

O etanol brasileiro apresenta a vantagem da flexibilidade, tanto na produção como no consumo. O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, esta é destinada à

produção de açúcar ou álcool, dependendo da demanda do mercado. Do lado do mercado interno, existe uma flexibilidade no consumo, garantida pela frota de veículos *flex fuel*, em que a escolha do tipo de combustível dá-se conforme o preço no mercado.

De fato, a variação do preço do barril de petróleo que, em média havia ficado abaixo de US$ 30 até 2003 aumentou rapidamente, chegando a US$ 90, em 2008 (EIA/DOE, 2008b).

Na Figura 5, a seguir, verifica-se a variação do preço do petróleo em relação à produção dos principais biocombustíveis nos três países. Observa-se que, a partir de 2002, o aumento no preço do petróleo é acompanhado pela maior oferta de biocombustíveis, e que a maior inflexão das curvas ocorre a partir de 2005 quando o preço do petróleo está acima de US$ 30 por barril.

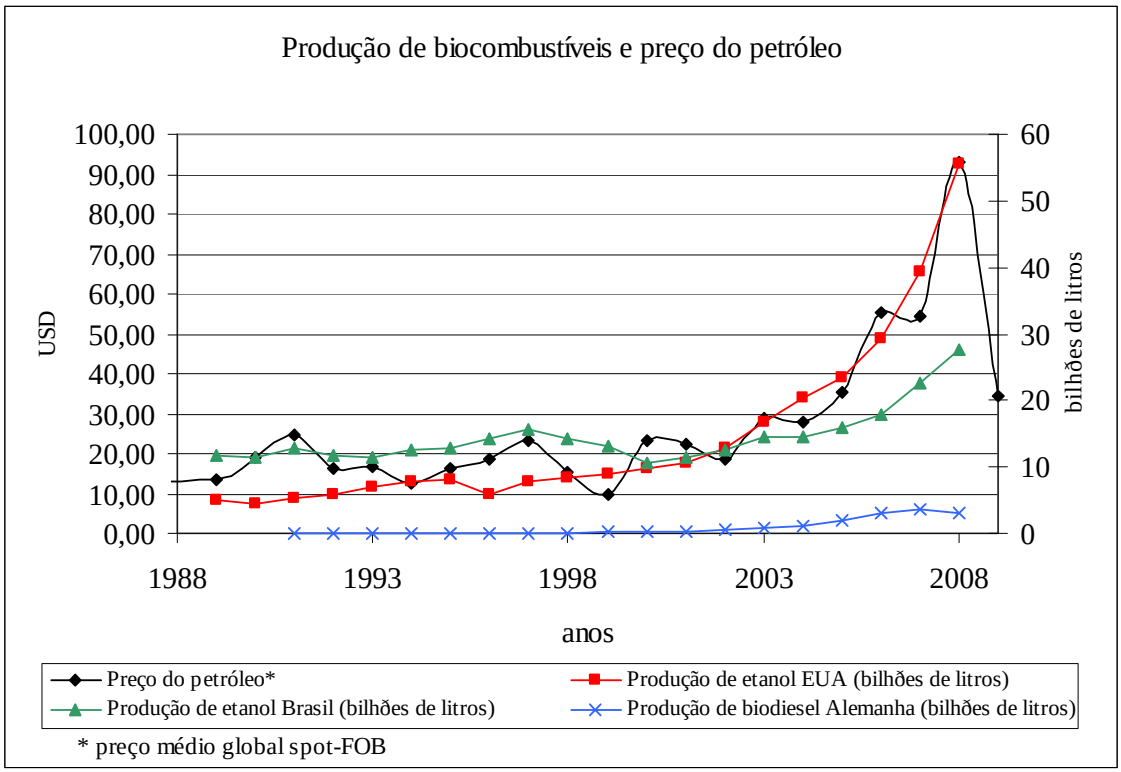


Figura 5 - Produção de biocombustíveis e preço do petróleo
Fonte: EIA/DOE, 2009c; IBGE/PAM, 2008; EIA/DOE, 2009d; UFOP, 2009b

3.2.1 Alemanha

Atualmente, a Alemanha é um dos países que integra a União Européia e, como tal, participa dos programas definidos pelos países membros. No início do século passado, a Alemanha fazia uso intensivo de álcool como combustível não apenas para tratores e automóveis, mas também para iluminação e cocção.

Em 1906, em torno de 10% dos motores produzidos por empresas alemãs eram projetados para usar álcool etílico puro. Em 1914, existiam 6.000 destilarias produzindo 66 milhões de galões de álcool por ano. Em 1930, o governo alemão instituiu o uso de 2,5% de álcool em todo volume de gasolina importada. Em 1938, a produção anual de álcool era de aproximadamente 257 milhões de litros de etanol, dos quais dois terços eram produzidos a partir de batata, de grãos, de madeira e de beterraba (KOVARIK *et al*., 2006).

Nos anos sessenta, o etanol combustível não estava mais disponível no mercado e as duas razões principais foram; a abundância e o preço atrativo do petróleo no mercado e a escassez de matéria-prima (beterraba) que foi absorvida pelo agronegócio e indústria química (KUTAS *et al*., 2007).

Desde 1997, a política de biocombustíveis européia visa aumentar a participação de energia renovável na região. O *White Paper*[26] estabeleceu a meta 12% de energia renovável para 2010 (COSTA, 2006).

Mais tarde, a Diretiva Européia do Parlamento Europeu (2003), estabeleceu uma promoção de combustíveis alternativos para reduzir emissão dos gases do efeito estufa, bem como os impactos negativos do transporte no meio ambiente, além de aumentar a segurança energética, a inovação tecnológica e a diversificação da agricultura.

Nessa perspectiva, a regulamentação definida pela Diretiva Européia (2003) estipulou que os países membros deveriam tomar as ações necessárias para que, os biocombustíveis tivessem pelo menos uma proporção mínima de 2% na quantidade de combustíveis vendida em seus territórios em dezembro de 2005.

Essa meta não foi atingida pela União Européia (a média européia ficou em 1,4%), entretanto a Alemanha alcançou 3,75% de biocombustíveis adicionados aos combustíveis tradicionais (3rd GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2005). A próxima meta da Diretiva é a adição de 5,75%, até dezembro de 2010, e a terceira meta seria a adição de 20% em 2020. Entretanto, em abril de 2009, foi adotado o novo texto com a revisão da Diretiva, negociado em 2008. Esta versão estabelece um padrão ambiental para os combustíveis sendo considerado o valor das emissões evitadas em todo ciclo de vida de um combustível ao invés do conteúdo energético. Portanto, considera-se as emissões evitadas por adição de combustíveis alternativos ou por práticas mais limpas na produção de um combustível. Além disto, pela primeira vez a meta foi reduzida, ficando estipulada em 6% a partir de 2020.

---

26 "White Paper for a Community Strategy and Action Plan", foi um documento onde se reconhecia diferença no nível de utilização de energia renovável por parte dos países da União Européia e a importância destas fontes de energia para redução dos gases do efeito estufa. Além de ressaltar a importância das fontes de energia renováveis para segurança energética.

A Diretiva Européia, de 2003, também prevê desconto nos impostos para energia derivada de fontes solar, eólica, maré motriz, geotérmica, de biomassa ou de resíduos. Observe-se que no caso do setor de transporte a única opção já comercializada dentro das energias renováveis corresponde aos biocombustíveis.

Em 2008, a União Européia produziu 2.155 milhões de litros de etanol, em 58 usinas de etanol, e 6.477 milhões de litros de biodiesel, em 153 usinas. Dentre os países produtores, a Alemanha é o maior produtor e consumidor europeu de biodiesel, com uma produção de 3.255 milhões de litros, em 2008 (FAS/USDA, 2009a).

A Alemanha foi responsável por cerca de 60% da produção mundial de biodiesel em 2007, principalmente a partir da colza, como já mencionado (EBB, 2008). Este biodiesel está de acordo com a regulação definida pela norma DIN 51606, sendo que as empresas automobilísticas apenas garantem o uso do biodiesel produzido a partir da colza. Outras matérias-primas para produção de etanol são a cevada e a beterraba, mas a produção é insignificante.

A despeito da participação dos combustíveis da matriz energética, os dados do balanço energético da Alemanha indicam que a principal fonte de energia primária é o petróleo, sendo que não existe nenhuma produção desta energia que possa ser considerada significativa (AG-ENERGIEBILANZEN, 2009). Desse modo, a energia proveniente de derivados de petróleo consumida no país é quase totalmente importada. A Figura 6, a seguir, ilustra a participação do petróleo e de outras fontes de energia primária no consumo total de energia alemão em 2008.

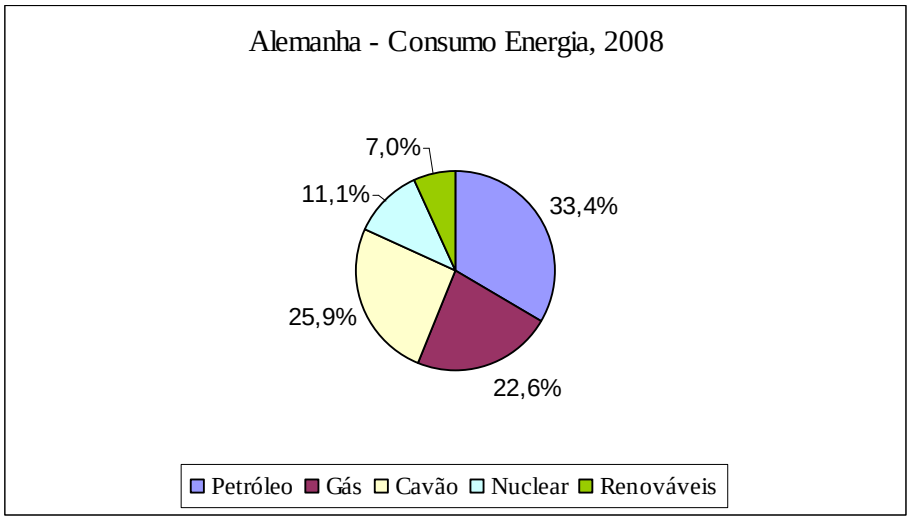


Figura 6 - Consumo de energia na Alemanha
Fonte: AG-ENERGIEBILANZEN, 2009

Quanto ao consumo específico de biocombustíveis, entre os anos de 2003 e 2006, a soma da participação dos biocombustíveis líquidos foi menor do que 10% do total de combustíveis consumidos pelo setor de transporte. Em 2007, a participação do biodiesel foi de 3.255 milhões litros e do etanol de 394 milhões de litros do total de biocombustíveis produzidos (EBB, 2008). Conforme Relatório do Ministério do Meio Ambiente Alemão (BMU, 2008), a participação dos combustíveis renováveis no consumo total de combustíveis, em 2008, ficou em 6,1%, contra 7,3% no ano anterior. A Figura 7 mostra o histórico da produção de etanol, biodiesel e colza na Alemanha. Pode-se notar que o biodiesel apresentou aumento significativo em sua produção após a política de isenção total de impostos, em 2004, esta foi substituída por uma alíquota diferenciada, em 2006.

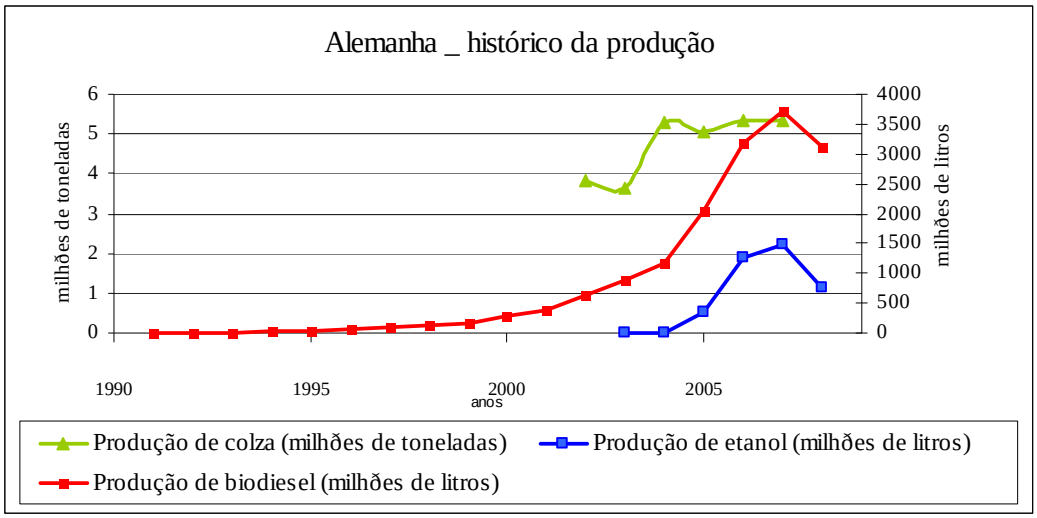


Figura 7 - Histórico da produção de etanol, biodiesel e óleo de canola na Alemanha
Fonte: Dados do etanol e biodiesel: UFOP, 2008; Dados da colza: UFOP 2009b

Na Alemanha, o desenvolvimento do biodiesel é uma iniciativa do setor privado e o governo participa apenas com pesquisas. Em 2003, o governo federal investiu € 7,5 milhões em projetos de pesquisas na área de bioenergia (1st GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2003). Existem projetos de pesquisa para o etanol, em que o parâmetro utilizado é o etanol brasileiro, apesar das críticas freqüentemente levantadas quanto à sua sustentabilidade ambiental e social (GOLDEMBERG *et a.l*, 2008a).

Em 2003, foram iniciados testes em 100 tratores, usando óleo vegetal puro, canola, como combustível. A pesquisa foi concluída em 2005, e os resultados foram aproveitados para definir o padrão de qualidade para o óleo vegetal *Quality Standard*, denominado DIN 51605. O estudo concluiu que os tratores poderiam utilizar óleo vegetal como combustível

com a condição de serem convertidos para sistemas compatíveis e com a condição de o óleo vegetal utilizado ser de alta qualidade.

Em 2004, a participação dos biodiesel na Alemanha foi de 1,9% do consumo total de combustíveis. Nesse mesmo ano, a distribuição da mistura de biodiesel foi da seguinte forma: 30% foram adicionados ao diesel, 30%, vendidos para frota particular, e 40%, para frotas de veículos comerciais. Relativamente ao uso do óleo vegetal como combustível, houve aumento paulatino, totalizando cerca de 4.000 veículos circulando no sudeste alemão.

Ainda em 2004, a Volkswagen recebeu permissão para usar sensor de biodiesel em carros novos, que é visto como maneira de controlar a concentração de biodiesel na mistura. Esse sensor consegue distinguir o diesel do biodiesel no tanque de combustível e adequar o motor de acordo com a mistura encontrada (UFOP, 2005).

No ano seguinte, a meta de 2% de adição de biocombustíveis foi cumprida com margem, atingindo 3,75% de biocombustíveis adicionados. A maioria do consumo (66%) foi de biodiesel puro. O uso de óleo vegetal puro (canola) também aumentou por conta da utilização em motores a diesel mais potentes, principalmente na agricultura, em caminhões e em tratores (3rd GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2005).

Também em 2005, os fabricantes de automóveis retiraram a permissão de uso de biodiesel dos veículos novos devido a problemas técnicos. Os testes para veículos *flex fuel* iniciaram-se em 2004. Nesse mesmo ano, a frota de veículos *flex fuel* estava comercialmente disponível para E-85. A princípio, apenas quatro postos de combustível estavam equipados com E-85, com capacidade para abastecer cerca de 120 carros de teste. Quando a frota comercial aumentou, os postos foram insuficientes para atender a demanda (3rd GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2005). A Tabela 3 exibe a proporção de consumo de biocombustíveis em relação ao total de combustíveis.

Tabela 3 - Consumo de combustíveis na Alemanha

Biocombustível	Unidade	2003	2004	2005	2006
	mil toneladas	800	1050	1800	2481
Biodiesel	milhões de litros	909	1200	2057	2818
	% consumo total	**1,443**	**1,933**	**3,364**	**4,828**
	mil toneladas	5,00	5,00	196	711
Óleo vegetal (canola)	milhões litros	5,44	5,66	213	773
	% consumo total	**0,009**	**0,009**	**0,366**	**1,384**
	mil toneladas	0,00	65	226	478
Etanol	milhões de litros	0,00	0,082	286	606
	% consumo total	**0,000**	**0,120**	**0,422**	**0,930**
Consumo total de combustíveis	mil toneladas	55450	54317	53507	51385

Fonte: GERMAN FEDERAL STATISTICS OFFICE, 2007

As vendas de biodiesel e de óleo vegetal puro decresceram do ano de 2007 para 2008. O biodiesel passou de 5,5 bilhões de litros, em 2007, para, aproximadamente, 4,5 bilhões de litros, em 2008. Contraditoriamente, as vendas de etanol aumentaram em 2007, de 583 milhões de litros para 792 milhões de litros em 2008. Todavia, é esperado um novo aumento nas vendas com a quota mínima vigorando a partir de 2009 (BMU, 2008).

Na Alemanha, o limite à área agrícola disponível foi estimado em 17 milhões de hectares em 2007 (FAO, 2007). A área utilizada pela cultura da colza para produção de biodiesel foi de 1,2 milhão de hectares, em 2007, apresentando um aumento de quase 11% comparado ao ano anterior (BMELV, 2007a). No relatório do governo alemão, a área ocupada pela cultura de beterraba e de centeio para produção de etanol foi agregada, totalizando 0,25 milhão de hectares em 2007. O número de pessoas ocupadas no setor de energia renovável foi de aproximadamente 230.000 trabalhadores (BMELV, 2007a). Em 2008, a produção total de biomassa para o setor de energia renovável utilizou 17% das terras aráveis alemãs (FNR, 2008). Estes números apontam a tendência da agricultura alemã de se direcionar para culturas de biocombustíveis.

Problemas relacionados ao aumento da área usada para biocombustíveis bem como do preço dos alimentos, durante o ano de 2007, levantaram a questão da competição por terra entre alimentos e biocombustíveis. Amplamente discutida na Europa, a mesma foi objeto de atenção dos principais meios de comunicação, resultando em mudanças na política de apoio aos biocombustíveis, no final de 2008. Conforme a nova regra, partir de 2015 os biocombustíveis terão como base de cálculo as emissões evitadas ao invés do conteúdo energético (FAS/USDA, 2009b). Além disso, outra decisão é reduzir a percentagem de mistura de biodiesel de 6,25% para o nível de 5%. Deve ser ressaltado que, apesar deste problema ter ocorrido principalmente nos países membros da União Européia, passou a haver uma pressão cada vez maior sobre a produção de biocombustíveis nos países em desenvolvimento, com maiores exigências para sua importação pelos países europeus, criando barreiras não tarifárias, como será discutido no item 3.6.

Destaca-se ainda que a competitividade apresentada pelo biodiesel frente ao diesel está apoiada em políticas especiais de apoio aos biocombustíveis. A Figura 8 mostra o preço dos combustíveis, em que o preço do biodiesel esteve mais elevado em relação ao diesel, durante o primeiro semestre de 2009.

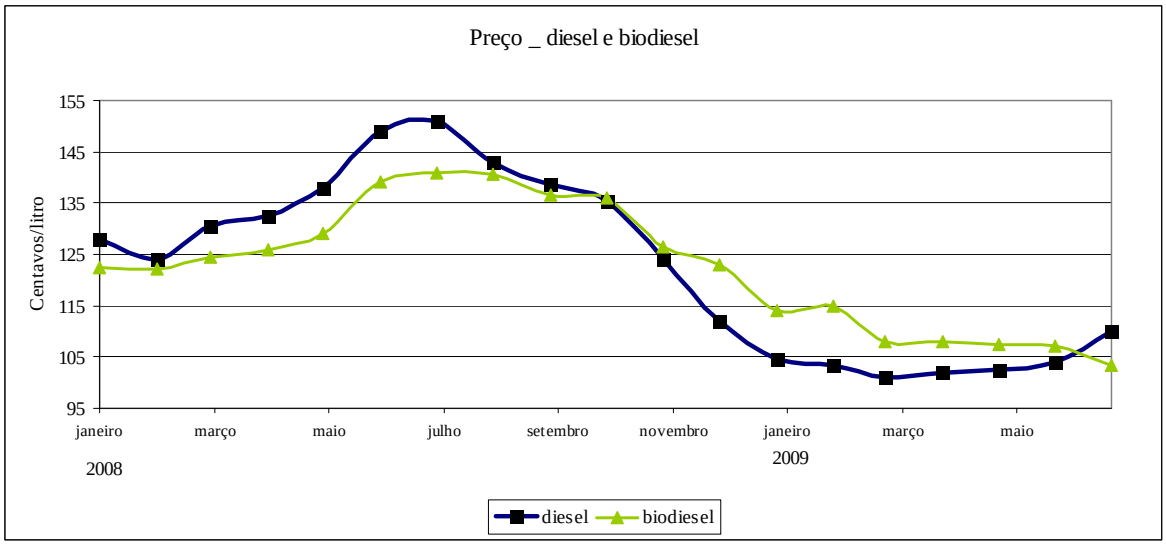


Figura 8 - Preço dos combustíveis na Alemanha
Fonte: UFOP, 2009a

Quanto à adição direta de etanol a gasolina como aditivo, existe um gargalo tecnológico, que é a pressão máxima de vapor que está limitada em 60kPa. A solução deste problema é um pré-requisito para viabilizar a mistura direta de etanol. Segundo estudos existentes, há necessidade de reduzir a pressão do vapor da mistura, que deve ser mantida constante até mesmo no verão, quando a média da temperatura ambiente é mais alta (2nd GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2004). Devido a este gargalo, a indústria do petróleo começou a pesquisar soluções para o problema da pressão do vapor.

A partir de 2004 o etanol começou a ser utilizado para produzir ETBE, que desde então é adicionado à gasolina. Inicialmente, apenas alguns produtores de MTBE transformaram suas usinas para produzir ETBE (2nd GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2004).

Em 2005, quase todas as novas empresas produtoras de ETBE foram resultado da conversão de empresas previamente produtoras de MTBE. O consumo de etanol nesse ano ficou em 286 milhões de litros (3rd GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2005).

Um projeto em parceria com o departamento de agricultura e a Universidade *Otto von Guericke* testou o O_2-Diesel, que consiste em uma mistura de etanol e diesel convencional em motores. Esse projeto teve como objetivo aumentar as possibilidades do uso de etanol como combustível de emissão neutra, utilizando-o em veículos leves e pesados bem como avaliar o desempenho desse biocombustível quando comparado ao diesel. Os resultados mostraram que, nos motores de veículos leves, pode ocorrer perda de potência de 30% e nos motores de veículos pesados, mesmo com um pré-resfriamento do combustível, a perda de

potência chega a 11%. Também foi verificado que as emissões de particulados diminuíram, mas as de hidrocarbonetos aumentaram (3rd GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2005).

O último avanço tecnológico registrado foi a inauguração, em 2008, da primeira usina com tecnologia de segunda geração, para conversão de biomassa de origem não alimentícia em biocombustível em escala comercial (SHELL, 2008), apesar de não estarem disponíveis maiores detalhes.

Com relação às políticas para biocombustíveis na Alemanha, o governo criou um programa de sustentabilidade de longo prazo para promover os combustíveis alternativos em cooperação com a indústria. Nesse programa, o etanol e o biodiesel foram considerados como estratégias de curto e de médio prazo. A longo prazo, o programa visa o desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis sintéticos. O projeto *BioEnergy 2012* é baseado na idéia de centros de pesquisa que desenvolvam cultivares com alto teor energético. Além disso, busca-se o desenvolvimento tecnológico das indústrias por meio da eficiência da conversão e da redução de custos de produção (DIE BUNDESREGIERUNG, 2008a).

Desde 1993, o governo alemão, por intermédio do Ministério da Agricultura, mantém o Programa de Energias Renováveis para dar assistência a todos os tipos de energia renovável, gerenciado pela Agência de Materiais Renováveis (FNR).

No que diz respeito à política de isenção de impostos, desde 2004 foi adotada uma medida baseada no Artigo n°16 da União Européia (COUNCIL DIRECTIVE 2003/96/EC, 2003), criando o *Mineral Oil Duty Act* ou *Mineralölsteuergesetz*, que permitiu a total isenção de impostos para biocombustíveis, sendo que o prazo de duração dessa medida é até 2009.

Outra medida foi a *Biofuel Quota Act* (*Biokraftstoffquotengesetz*) 2006, que substituiu a isenção de tarifas para biocombustíveis, mas ainda incentiva os biocombustíveis, estipulando imposto diferenciado para biodiesel puro ou diesel misturado ao biodiesel (EBB, 2009). Em agosto de 2006, um imposto parcial foi criado para os combustíveis baseados em óleo vegetal para balancear uma compensação desvantajosa com relação aos combustíveis derivados de petróleo (3rd GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC, 2005).

Pelo *Biofuel Quota Act*, 2006, o governo alemão voltou a estimular a utilização de álcool como combustível (DIE BUNDESREGIERUNG, 2008b). O Quadro 1 relata as principais políticas de apoio a biocombustíveis na Alemanha.

Quadro 1 - Marcos do Biodiesel na Alemanha

1993 – Total isenção de taxas para biocombustíveis puros.
1994 – Pré-norma para biodiesel.
1995 – Primeira produção em escala comercial de biodiesel.
1995 – Decisão da VolksWagen sobre garantias, B100.
1999/2003 – Introdução da *ecotax* para combustíveis minerais, isenção para biocombustíveis.
2004 – Mistura de biocombustíveis também isenta de impostos.
2006 – Início da introdução gradual de taxas para biodiesel e óleo vegetal puro.
2007 – Quota obrigatória de mistura de biocombustíveis pelas distribuidoras sem redução de taxa para mistura de biocombustíveis.

Fonte: VITO, 2007

Com estas informações procurou-se delimitar o panorama dos biocombustíveis etanol e biodiesel na Alemanha, bem como, a legislação envolvida, em que se evidenciou a necessidade de subsídios para que os mesmos sejam viáveis.

3.2.2 Estados Unidos

Atualmente, os Estados Unidos são os maiores produtores e consumidores de etanol, com 52% da produção mundial. Alcançando a produção de 34 bilhões de litros na safra de 2008, obtendo um aumento de 38% com relação à safra de 2007, produzidos principalmente a partir do milho. São também os maiores produtores de soja, matéria-prima utilizada em 90% do biodiesel, cuja produção, em 2008, foi de 2, 584 bilhões de litros.

Ainda assim, há necessidade de importação de etanol devido à grande demanda interna de biocombustíveis para cumprir as metas da legislação vigente. O etanol importado é proveniente, em sua maioria, do Brasil, da Jamaica, de El Salvador e da Costa Rica. Os dados da RFA (2008) exibidos na Tabela 4 mostram a evolução da demanda de etanol bem como as importações anuais. Nota-se que, no ano de 2008, apesar do aumento de 38% na produção de etanol, o volume de importação aumentou em 23%, o que demonstra que os incentivos especiais para os biocombustíveis surtiram efeito. A disponibilidade do etanol, em suas diferentes percentagens, segue a regra de que os primeiros 16 a 20 bilhões de litros são destinados para produção do E-10, depois de suprir o volume necessário para esta mistura o excedente da produção é direcionado para as outras percentagens de mistura. Analogamente, a produção de biodiesel deve suprir primeiro a produção de B-5 ou B-10.

Tabela 4 - Demanda etanol combustível nos Estados Unidos

EUA (milhões de litros)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produção	8072,7	10612,0	12886,0	14796,2	18400,5	24635,0	34110,0
Importação	174,3	231,2	610,2	511,7	2476,0	1705,5	2107,2
Exportação	n/a	n/a	n/a	30,3	n/a	n/a	n/a
Demanda	7902,2	10991,0	13378,7	15345,3	20380,3	25948,6	36523,9

Fonte: RFA, 2008

A indústria norte-americana de biocombustíveis vem crescendo de forma significativa e, conseqüentemente, cresce sua participação na matriz energética. Com base nos dados do Ministério da Energia, 2008, verifica-se que 37% da energia é proveniente de petróleo, 23%, de carvão mineral, e 24%, de gás natural, sendo o restante produzido a partir de energia nuclear e de energias renováveis. Mesmo sendo produtor de petróleo, aproximadamente 4,96 milhões de barris produzidos em 2008 (EIA/DOE, 2008g), ainda há a necessidade de importação desse vetor energético. Em 2008, o setor de transporte representou 28% do total de energia primária consumida (EIA/DOE, 2009b). A Figura 9, ilustra a participação do petróleo e de outras fontes de energia primária no consumo total de energia norte-americano, em 2008.

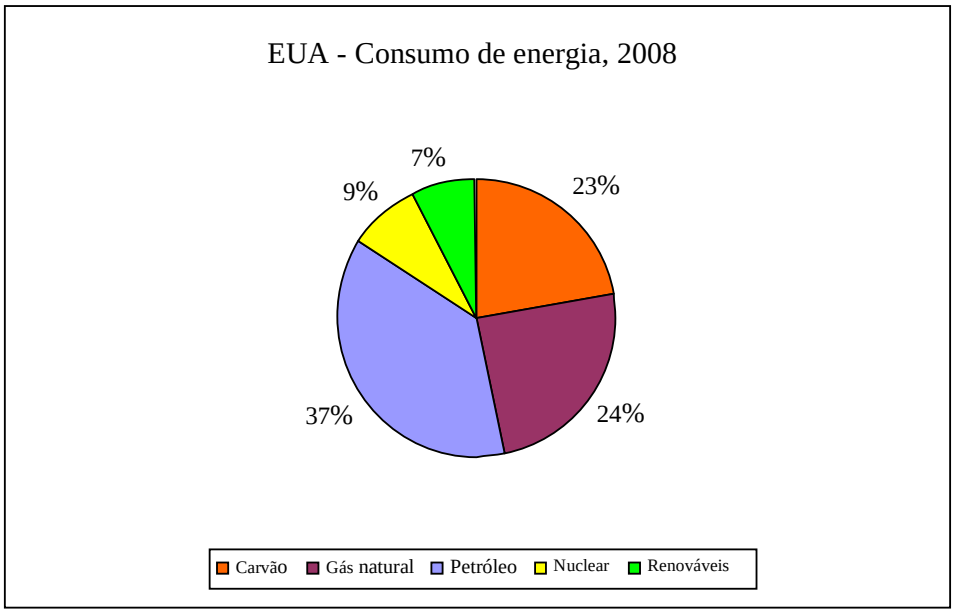


Figura 9 - Consumo de energia nos Estados Unidos
Fonte: EIA/DOE, 2008c

O milho é a cultura agrícola predominante nos Estados Unidos, como pode ser confirmado pelos dados desde o sexto censo norte-americano (AGCENCUS, 2009) e a partir

do histórico da produção de milho nos Estados Unidos, que apresenta dados agregados do milho dos censos desde 1866 até 2008, conforme a Figura 10. Observe-se que, muito antes da utilização do milho para produção de biocombustíveis, a área plantada era significativamente maior que a atual.

A área da cultura do milho nos EUA ocupava 4,86 milhões de hectares, em 1910, e houve uma diminuição progressiva, voltando a aumentar nos anos setenta, o que coincide tanto com a crise mundial do petróleo quanto com algumas legislações criadas para incentivar a produção e o uso de biocombustíveis. Entre elas estão o *Energy Tax Act*, de 1978, o *The Crude Oil Windfall Profit Tax Act*, de 1980, e o *The Energy Security Act*, de 1980.

O outro pico de crescimento corresponde ao final dos anos noventa; este período também se caracteriza por legislações de incentivo aos biocombustíveis. Um relatório do governo dos Estados Unidos mostrou que a área plantada com milho, em 2007, foi a maior desde 1944.

O aumento na produtividade agrícola devido aos ganhos tecnológicos pode ser constatado na Figura 10 comparando-se a produção do ano de maior área plantada ocupada pela da cultura do milho, 1910, com a produção e a área plantada das últimas safras.

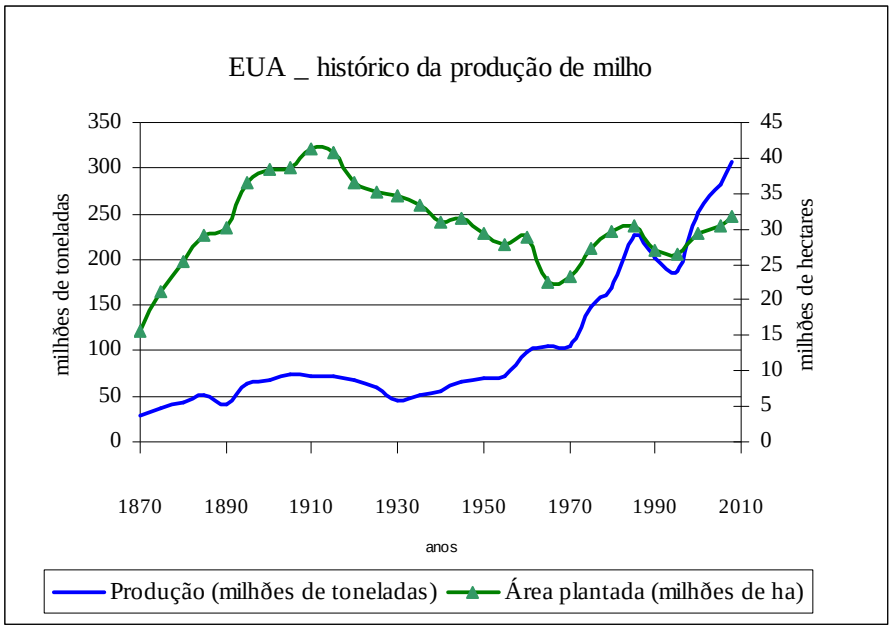


Figura 10 - Histórico da produção de milho nos EUA
Fonte: FAO, 2008

O desenvolvimento tecnológico foi capaz de superar uma previsão de quebra da safra de 2008 devido às inundações ocorridas no Centro-Oeste norte-americano, onde estão concentradas as plantações de milho (USDA, comunicação pessoal[27]).

Naturalmente, com a elevada produção agrícola da cultura de milho, este se tornou a principal matéria-prima para o etanol americano. O aumento da produção de etanol de milho, praticamente, dobra a cada ano. Este fato pode ser confirmado pelos resultados da produção dos três últimos anos, na safra 2006/2007, 8,81 bilhões de litros, na safra 2007/2008, 17,62 bilhões de litros e na safra 2008/2009, 34 bilhões de litros (EIA/DOE, 2009b). Neste país 20% da produção do milho são destinadas para a produção de álcool (ANDREOLI, 2007).

Segundo o Departamento de Agricultura americano (GLOBO, 2007), a opção dos proprietários rurais pela cultura do milho acarreta uma diminuição da área plantada do algodão e da soja. De fato, conforme discutido neste trabalho, um estudo de Tyner (2008) aborda o deslocamento da cultura da soja favorecendo a cultura do milho.

Atualmente, os estados que concentram as produções de milho são Iowa, Illinois, Nebraska, Minesota e Indiana, correspondendo à área do chamado “cinturão do milho”. Esses mesmos estados também são os maiores produtores de soja, variando apenas a classificação quanto à quantidade de matéria-prima colhida (NASS/USDA, 2009). O resultado do censo da agricultura, de 2002, de dois destes estados (Illinois e Indiana) apontam a predominância de propriedades agrícolas de 4,05 a 19,8 hectares em ambos (USDA, 2002). Em 2008 a área plantada do milho para produção de etanol foi de 6,6 milhões de hectares. A despeito da soja, na safra 2008, a cultura ocupou uma área plantada de 30,40 milhões de hectares, (USDA, 2008a).

Quanto à competitividade no varejo dos biocombustíveis, verifica-se na Figura 11 que o preço do biodiesel B2/B5 é próximo ao combustível fóssil correspondente (óleo diesel). O etanol E-85, produzido a partir do milho, ainda não apresenta competitividade frente ao preço da gasolina, pois o preço do E-85 é sempre mais elevado do que o preço da gasolina. Dentre todos os combustíveis comercializados (ilustrados na Figura 11) o B-99/B-100 é, em média, o biocombustível de preço mais elevado no varejo, mesmo após políticas de incentivos fiscais ao biodiesel estabelecidos no *American Jobs Creation*, de 2004, no *Energy Policy Act*, de 2005, e o apoio adicional pelo *Energy Independence and Security Act* de 2007, (estas políticas serão discutidas em detalhes a seguir).

---

27 Informação obtida via correio eletrônico com Thorson, T. da National Agricultural Statistics (USDA) em maio de 2009.

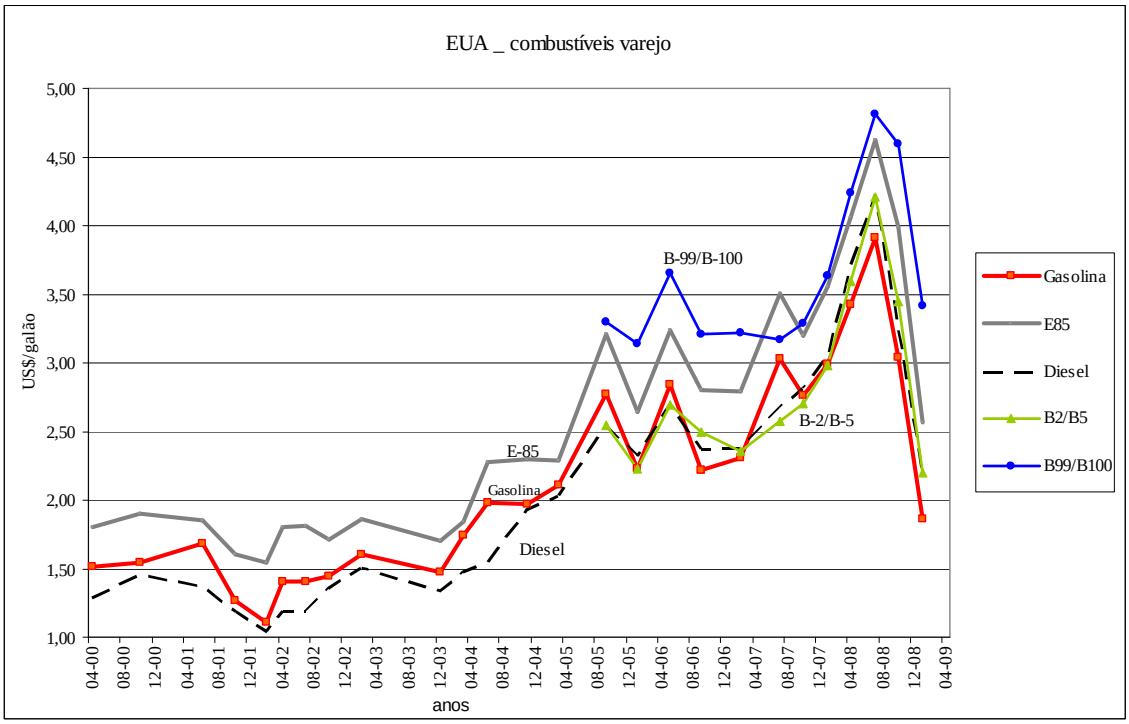


Figura 11 - Preço dos combustíveis nos EUA
Fonte: EERE, 2009
*Para cada galão (EUA), são produzidos 3,78 litros.

Em 2008, havia 139 usinas de etanol com uma capacidade instalada de 29.818 milhões de litros por ano, e estavam sendo construídas 61 usinas e seis unidades para produção de etanol de celulose. Quanto à localização das plantas de produção de etanol e biodiesel, existe uma concentração, na região Centro-Oeste do país, das usinas produtoras de etanol (Figura 12). No caso do biodiesel, as unidades produtoras estão dispersas em todo território, como ilustrado na Figura 13. O número de postos de abastecimento que comercializavam bicombustíveis, em 2006, representava 1% do total, sendo que 799 comercializavam E-85, e 968, comercializavam biodiesel (ANNUAL ENERGY OUTLOOK, 2007).

Quanto à tecnologia para obtenção de etanol a partir de celulose, ainda está em fase de desenvolvimento, analogamente ao que ocorre na União Européia o custo de produção é muito elevado se comparado ao etanol do milho, apontando a necessidade de maiores pesquisas e de suporte político para que essa tecnologia se torne economicamente viável.

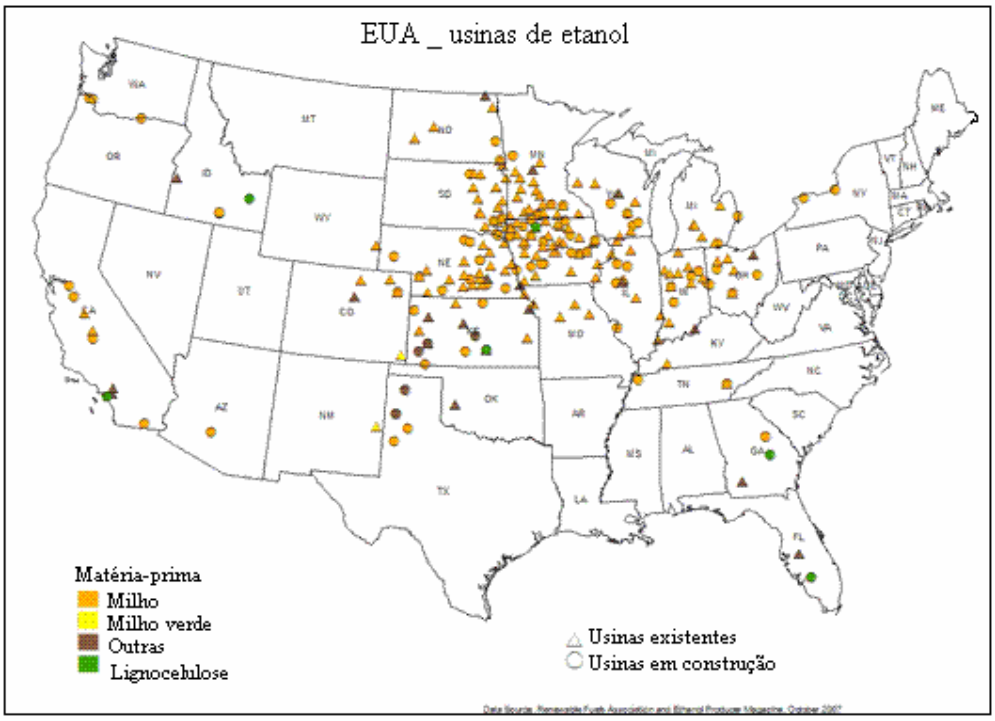


Figura 12 - Localização das usinas de etanol nos EUA
Fonte: NREL, 2007 *apud* APEC, 2008

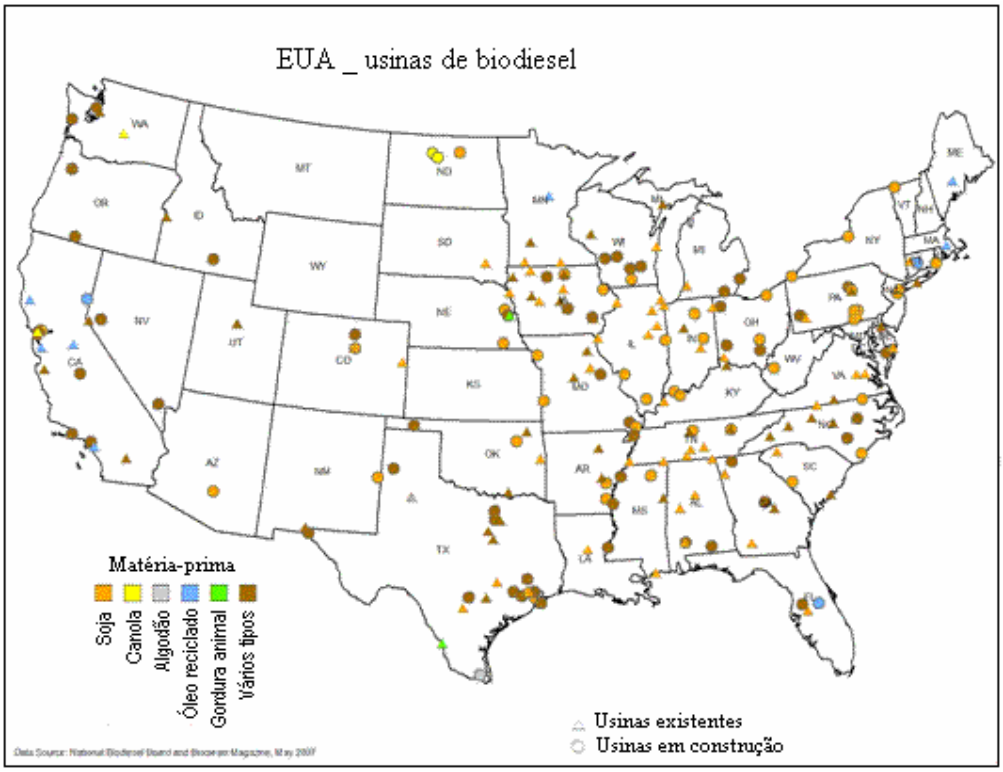


Figura 13 - Localização das usinas de biodiesel nos EUA
Fonte: NREL, 2007 *apud* APEC, 2008

Em termos de políticas de apoio que influenciaram o aumento da produção de biocombustíveis, nota-se que diferentes áreas governamentais, com seus respectivos interesses, colaboraram para o aumento da produção e da comercialização dos biocombustíveis, mediante política federal para energia, meio ambiente, agricultura e transporte, complementada por legislação estadual. Além disso, a regulamentação de poluição atmosférica tem contribuído indiretamente para o aumento da demanda por biocombustíveis.

Durante os anos setenta, devido à crise mundial do petróleo, houve exposição de um ponto fraco na política energética de vários países que estava caracterizado pela dependência de importação de petróleo. Assim como no Brasil, os Estados Unidos iniciaram programas em busca de alternativas energéticas, entre eles a mistura do etanol à gasolina. Assim, a resposta do congresso norte-americano à elevação do preço do petróleo foi o lançamento do *Energy Tax Act*, em 1978, o qual concedia US$ 0,04 de desconto no imposto por galão para gasolina em uma mistura com pelo menos 10% de etanol.

Em 1980, dois atos congressionais foram implementados com o objetivo de utilizar mecanismos de conservação de energia e desenvolver combustíveis domésticos, estes atos foram denominados *The Crude Oil Windfall Profit Tax Act*, de 1980, e *The Energy Security Act*, de 1980.

O *The Surface Transportation Assistance Act*, de 1982, aumentou o imposto sobre a gasolina pura de US$ 0,04 para US$ 0,09 por galão. Ainda, em contrapartida, o desconto no imposto sobre a gasolina misturada ao etanol passou para US$ 0,05 por galão, nota-se que este ato aumentou a competitividade do biocombustível à custa de subsídio. Com o *Tax Reform Act*, de 1984, a isenção passou de US$ 0,05 para 0,06 por galão de gasohol.

Já o *The Alternative Motor Fuels Act*, de 1988, apoiou programas de pesquisa e desenvolvimento de veículos ou de combustíveis e concedeu créditos de eficiência no consumo de combustível para os fabricantes de veículos.

Na seqüência, em 1990, com o *The Omnibus Budget Reconciliation Act*, o congresso norte-americano estendeu os incentivos nos impostos até o ano de 2000, entretanto o incentivo foi reduzido de US$ 0,06 para 0,054 por galão.

Ainda em 1990, o *The Clean Air Amendments* inovou, com a idéia de que mudanças na composição dos combustíveis ou mesmo em seu padrão de consumo poderiam contribuir para diminuir a poluição atmosférica liberada pelos escapamentos dos carros. Desse modo, foram estabelecidos dois padrões de gasolina para melhorar as emissões em cidades muito populosas. Essa medida incluía os oxigenantes da gasolina que são aditivos melhores para o meio ambiente, o que incluiu o etanol (NDDC, 2008).

Com a Conferência da Terra, em 1992, nos Estados Unidos, foram adotadas medidas locais isoladas para evitar a emissão de gases do efeito estufa. Iniciou-se, assim, o *Energy Policy Act*, de 1992. Todavia, com relação a medidas de cooperação internacional compreendidas no Protocolo de Quioto[28] (1997), o país ainda não é signatário. Atualmente, a posição do governo dos Estados Unidos recentemente eleito (2008), em relação ao protocolo, é de forte intenção de adesão. É importante mencionar que a primeira fase deste protocolo termina em 2012.

Em 1992, o *Energy Policy Act* estabeleceu que uma porção da frota de carros novos, tais como os carros dos governos de estado ou federal e de fornecedores de biocombustíveis, deveria utilizar este tipo de combustível. Ressalta-se que o biodiesel só foi incluído nesse ato por uma emenda legal em 1998. Esta emenda instituiu o incentivo financeiro ao biodiesel pelo *USDA Commodity Credit Corporation's* (CCC), pertencente ao *Bioenergy Program*, permitindo reforma das usinas com capacidade de produção menor do que 65 milhões de galões (245 milhões de litros). A princípio, apenas o biodiesel proveniente de óleo vegetal puro foi incluído, mas em 2002 essa medida foi estendida para óleos de diferentes tipos de matérias-primas, tais como gordura animal, óleos reciclados ou de outros produtos agrícolas. Porém, este incentivo político não surtiu efeito imediato na produção de biodiesel, como pode ser verificado no histórico da produção de biodiesel da Figura 14, em que o maior aumento da produção ocorre a partir de 2005. A Figura 14 mostra o histórico das produções de milho, soja, etanol e biodiesel.

Analisando-se a legislação norte-americana recente pode-se notar que os principais estímulos subseqüentes ao *Energy Policy Act*, de 1992, que geraram impactos para o consumo de biocombustíveis, foram os atos legislativos *American Jobs Creation Act*, de 2004, e o *Energy Policy Act*, de 2005.

---

28 É um acordo entre os países signatários que determina a redução de emissão dos gases do efeito estufa em pelo menos 5,2% em relação aos níveis de 1990 por parte dos países pertencentes ao Anexo I (industrializados). O protocolo foi ratificado em 1999, mas entrou em vigor em 2005, quando se conseguiu que 55% de países do mundo fossem signatários, isto ocorreu após a adesão da Rússia. Atualmente, 179 países são signatários e o protocolo estará em vigor até 2012.

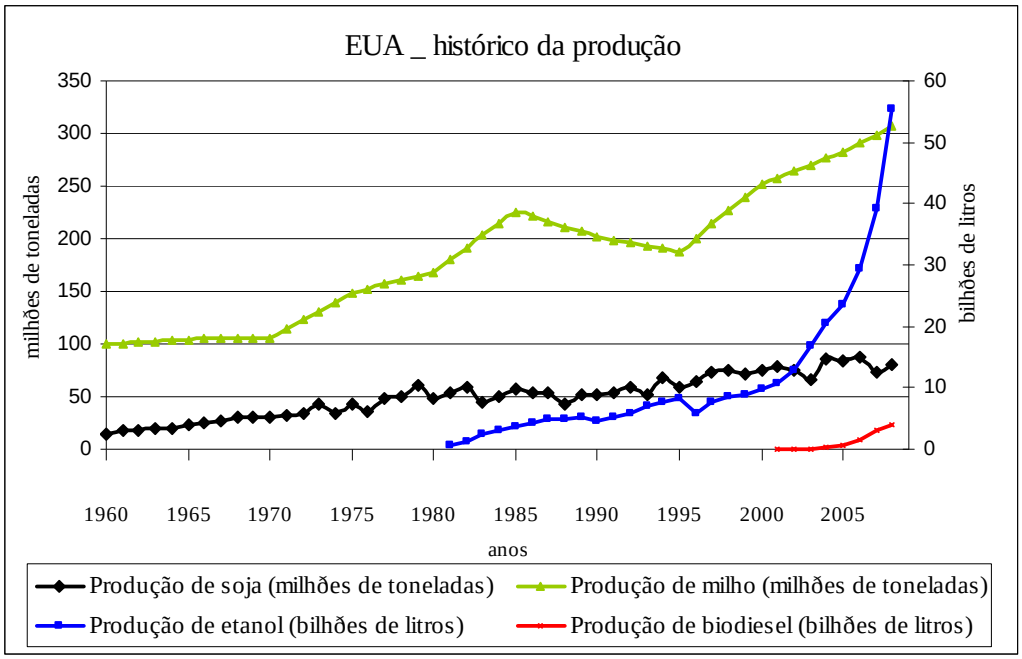


Figura 14 - Histórico da produção de milho, soja, etanol e biodiesel nos EUA
Fonte: Dados milho: FAO, 2008; Dados soja: USDA, 2008a; Dados etanol e biodiesel EIA/DOE, 2009d

Com o *American Jobs Creation Act*, de 2004, uma usina pode receber US$ 1,00 por galão de biodiesel produzido pela mistura ao diesel de óleo vegetal puro ou de gordura animal. Para o galão de biodiesel produzido pela mistura do diesel a óleos de gorduras que foram reciclados recebe-se US$ 0,50. Também é obrigatório que o biodiesel utilizado seja registrado como combustível junto ao órgão de proteção do meio ambiente *Environmental Protection Agency* (EPA) e ter a certificação de acordo com a norma para fornecedores.

O *Energy Policy Act*, de 2005, alterou o *Clean Air Act* e introduziu um programa de padronização dos combustíveis renováveis, denominado *Renewable Fuels Standard* (RFS). Além disso, o *Energy Policy Act*, de 2005, estabeleceu uma mistura mínima de biocombustíveis aos combustíveis tradicionais. A responsabilidade de coordenar o programa foi delegada à EPA em cooperação com o Departamento de Energia, com o Departamento de Agricultura e com as partes interessadas em planejar e implementar esta primeira etapa do programa.

Em dezembro de 2005, uma norma estabelecida legalmente pela EPA entrou em vigor. Esta exigia que 2,78% da gasolina vendida ou distribuída no ano de 2006 fossem proveniente de combustível renovável. A legislação do RFS estabelece um programa abrangente para o período de 2007 até 2012 (EPA, 2007). Ainda com relação ao Energy Policy Act, de 2005, foram concedidos créditos nos impostos de US$ 0,10 por galão, como

incentivo aos pequenos produtores de biodiesel. No entanto, esse incentivo contempla apenas os primeiros 15 milhões de galões provenientes de empresas cuja produção anual é menor que 60 milhões de galões. O RFS prorrogou o prazo de vigência dos créditos de impostos novos e vigentes até dezembro de 2008 e, posteriormente, houve uma nova extensão deste prazo até 31 de dezembro de 2009 (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2008).

O *Clean Energy Act*, de 2007, que posteriormente foi chamado de *Energy Independence and Security Act*, de 2007, teve como objetivo aumentar simultaneamente a independência e a segurança energética, por meio do aumento da produção de combustíveis renováveis e pelo aumento da eficiência dos produtos, edifícios e automóveis, entre outros. Visando à garantia de mercado, elevou o nível de biocombustível da especificação. A nova especificação estipula 9 bilhões de galões (34 bilhões de litros) por ano de combustíveis renováveis em 2008 aumentando até 36 bilhões de galões (136 bilhões de litros) por ano, a partir de 2022 (CRS, 2007). Entretanto, para este volume a legislação do RFS prevê a impossibilidade de produção apenas a partir do milho estabelecendo que 60% seja proveniente de tecnologias avançadas. Também faz parte desta legislação o *Minimum Corporate Average Fuel Economy* (CAFE), que inclui um programa de transferência de créditos e está focado no aumento da eficiência média dos veículos novos por intermédio de metas de desempenho (EIA/DOE, 2007).

Até 2008, a legislação fixava um mínimo de US$ 0,51 para cada galão de etanol misturado à gasolina. O pagamento era feito em forma de descontos nos impostos das refinarias. Quanto aos incentivos para produção de matéria-prima, existe também um apoio para os pequenos produtores pelo *Energy Independence and Security Act*, de 2007, no qual cobra-se uma taxa de US$ 0,54 por galão de etanol importado. Além disso, esse programa também prevê créditos na forma de abatimentos para o biodiesel (YACOBUCCI, 2008).

Em 2008, houve alteração na legislação acima citada, por meio do *The Food, Conservation and Energy Act*, de 2008, reduzindo o subsídio do etanol misturado à gasolina de US$ 0,51 para US$ 0,45, quando a produção interna ou o volume de importação atingir 7,5 bilhões de galões. A mesma legislação estende a taxa de importação até 2010 e cria um incentivo de US$ 1,01 por galão de etanol de celulose (EIA/DOE, 2008f).

A legislação apresentada faz parte do histórico recente da legislação para biocombustíveis. Entretanto, existem muitas outras que regularam especialmente o biocombustível etanol nos Estados Unidos, desde o século XIX, elas estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Marcos do etanol e biodiesel nos EUA

1876 a 1908 – Etanol utilizado em automóveis. Ciclo Otto (1876), primeiro motor de combustão interna para álcool e gasolina, seguido pelo Modelo Ford T, (1908).
1940 – Primeira usina de etanol nos EUA, construída e operada pelo exército produzindo combustível para o exército e para a região.
1973 – *Yom Kippur war*: OPEP eleva preço do petróleo em 70%, para embargar os EUA.
1974 – Fim do embargo. Projeto Independência e a revisão das estratégias de energia.
1974 – *Solar Energy Research, Development, and Demonstration Act.* Lei 93-473 apoiou à pesquisa e o desenvolvimento de tecnologia para a conversão de celulose e de outros materiais orgânicos em energia ou em combustíveis.
1977 – *Food and Agricultural Act*. Lei 95-113 autorizou empréstimos para as quatro primeiras usinas-piloto de biomassa e para pesquisas do USDA.
1978 – *Energy Tax Act*. Incentivo de US$ 0,04 de desconto no imposto por galão para gasolina com concentração de, pelo menos, 10% de etanol.
1979 – *Interior and Related Agencies Appropriation Act*. Lei 96-126, entre outras decisões destinou US$100 milhões para usinas produtoras de combustíveis alternativos.
1980 – Primeira pesquisa norte-americana sobre etanol contabilizou menos de 10 instalações, produzindo aproximadamente 50 milhões de galões de etanol por ano.
1980 – *The Crude Oil Windfall Profit Tax Act* e o *The Energy Security Act* visaram à conservação de energia e ao desenvolvimento de combustíveis domésticos.
1980 – *Energy Security Act*. Lei 96-294 ofereceu empréstimos para pequenos produtores de etanol (empréstimo de até 90% das despesas de construção das usinas) com garantias preço de energia de biomassa e estabeleceu o DOE.
1982 – *The Surface Transportation Assistance Act*. Imposto sobre a gasolina passou de US$ 0,04 para 0,09 por galão e o desconto no imposto sobre a gasohol para US$ 0,05 por galão.
1984 – *Tax Reform Act*. Lei 99-198, com esta lei a isenção passou de US$ 0,05 para US$ 0,06 por galão de gasohol, com o imposto total máximo de US$ 0,09 por galão de combustível no varejo e aumentou o crédito de desconto nos impostos das usinas para US$ 0,50 por galão.
1985 – *Industry Shakeout*, 163 usinas de etanol 45% operando. Produção anual de 595 milhões de galões.
1988 – *The Alternative Motor Fuels Act*. Apoiou programas de R&D concedeu créditos de economia de combustível para os fabricantes de veículos.
1990 – *The Clean Air Amendments*. Buscou melhorar emissões por gasolina em cidades muito populosas, incluindo oxigenantes na gasolina e aditivos, entre eles o etanol.
1992 – Conferência da Terra, medidas locais isoladas contra o aquecimento global.
1992 – *Energy Policy Act*, parte da frota de carros dos governos de estado ou federal e de fornecedores de biocombustíveis utilizando biocombustíveis. O biodiesel foi incluído em 1998.
1994 – *Favorable Internal Revenue Service Ruling*. Isenção tributária e créditos no imposto de renda para usinas de etanol que produzissem ETBE.
1994 – *EPA Renewable Oxygen Standard*, 30% dos oxigenantes nos combustíveis fossem produzidos a partir de fontes renováveis, concedendo vantagem à indústria do milho-etanol.
1994 – Conversão de fibra de milho em etanol pela *New Energy Ethanol Company of Indiana*, em parceria com *National Renewable Energy Laboratory*.
1998 – *Bioenergy Program*. Incentivo financeiro ao biodiesel pelo CCC.

continua...

continuação

2004 – *American Jobs Creation Act*. Favorece o distribuidor que recebe US$ 1,00 para o biodiesel de óleo vegetal puro ou de gordura animal e US$ 0,50 para o de gorduras recicladas por galão misturado ao diesel, exigindo registro na EPA. 2005 – *Energy Policy Act* criou o Programa de Padronização de Combustíveis Renováveis, RFS. 2007 – O *Clean Energy Act* renomeado *Energy Independence and Security Act* visou à independência e à segurança energética, elevou a especificação que deve atingir 36 bilhões de galões (136 bilhões de litros) por ano, a partir de 2022. Com *Minimum Corporate Average Fuel Economy* (CAFE), acrescenta um programa de transferência de créditos a esta legislação. **Atual** – Etanol e biodiesel. Redução o incentivo ao etanol misturado à gasolina, pago por créditos nos impostos de US$ 0,51 para US$ 0,45, quando a produção interna ou os volumes de importação atingir 7,5 bilhões de galões. A mesma legislação estende a taxa de importação até 2010 e cria um incentivo de US$ 1,01 por galão de etanol de celulose (EIA/DOE, 2008f). Incentivo aos pequenos produtores através do *Energy Independence and Security Act*, de 2007, que estipula US$ 0,54 de taxa por galão de etanol importado. *American Jobs Creation Act*, concede créditos na forma de abatimentos para o biodiesel de US$ 1,00 para mistura no diesel de óleo vegetal puro e de US$ 0,50 para biodiesel de outras fontes de matérias-primas.

Fonte: Adaptado de *Ethanol Milestones* EIA/DOE, 2008b

As políticas federais afetam o desenvolvimento dos biocombustíveis, cujos objetivos podem ser a redução de custos e o aumento da disponibilidade e a garantia de mercado. Isso acontece, mesmo quando o combustível fóssil correspondente é mais competitivo. Além das políticas federais, há também incentivos estaduais isolados para a promoção do uso de biocombustíveis que variam, desde desconto nos impostos até compartilhamento de custos de investimentos em pesquisas.

Entretanto, não é objetivo deste estudo o aprofundamento sobre os aspectos locais de cada país e, sim, a investigação de um panorama geral para biocombustíveis, a fim de comparar as características comuns e distintas.

Detalhes sobre os padrões das políticas para biocombustíveis *Renewable Fuel Standard* (RFS) de cada Estado podem ser encontradas na página eletrônica da *Energy Information Administration* (EIA/DOE) ou nas páginas de cada estado norte-americano, que apresentam os padrões específicos locais.

Como conclusão preliminar verificou-se que também nos Estados Unidos há necessidade de subsídios para que os biocombustíveis sejam competitivos economicamente com os combustíveis fósseis.

3.2.3 Brasil

A matriz energética brasileira é a mais sustentável entre os três países, com ampla participação de energia renovável, proveniente da exploração do potencial hidráulico, de biocombustíveis líquidos e, mais recentemente, da energia elétrica proveniente do uso da biomassa (MME, 2008). A Figura 15 ilustra a participação das fontes de energia primária no consumo total de energia, em 2008.

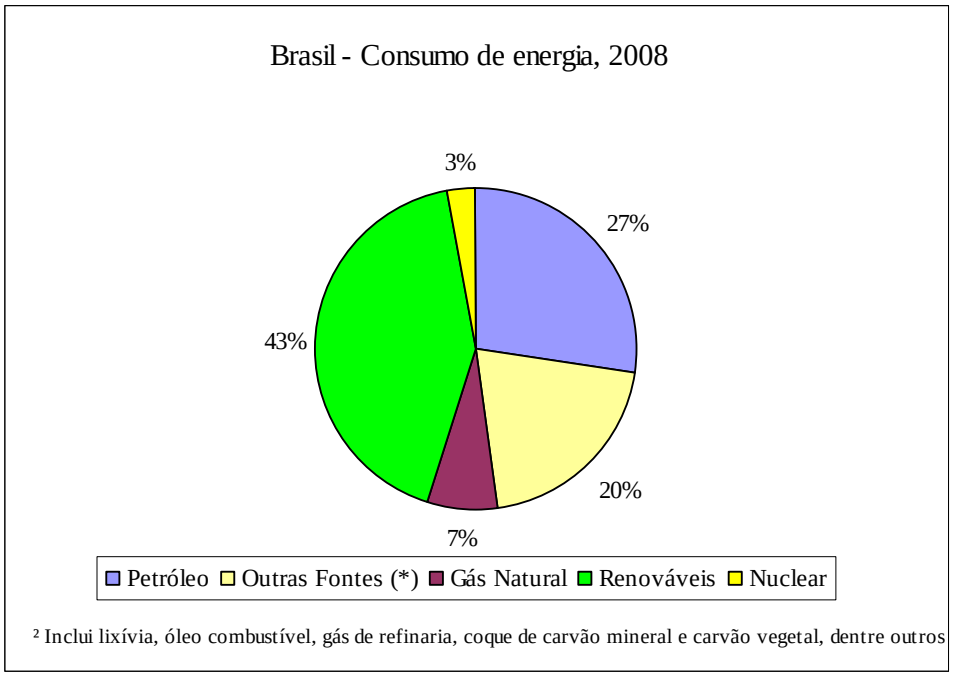


Figura 15 - Consumo de energia no Brasil
Fonte: MME, 2008

O Brasil é o país que tem o mais antigo programa de etanol do mundo, ocupando a posição de segundo maior produtor de etanol e o maior exportador. Em 2008, produziu 37% do etanol mundial a partir de cana-de-açúcar. A cultura da cana-de-açúcar ocupou 2,2% das terras agriculturáveis, sendo que, desse total, 1% foi cultivado para produzir etanol (UNICA, 2008) enquanto, conforme dados da Unica e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a área ocupada pela cultura da soja em 2007 foi de 5,8% das terras agriculturáveis.

O principal pólo produtor de etanol é o Estado de São Paulo, destacando-se também pelo desenvolvimento tecnológico do setor sucroalcooleiro. Além disso, é responsável pela maior parte da produção de cana-de-açúcar. Em 2009, a estimativa de produção é cerca de 360 milhões de toneladas, apresentando uma produtividade de 85.771 kg/ha (CONAB, 2009).

Desde 1997, a gasolina “C” comercializada em todo país apresenta uma mistura de 25% de etanol. Um avanço na tecnologia industrial de motores automotivos foi o desenvolvimento de veículos que podem utilizar qualquer mistura de etanol e gasolina, denominados veículos *flex fuel*, em 2002. Esse evento permitiu um novo impulso tanto para a indústria automobilística quanto para as usinas produtoras de etanol, o que justifica as taxas de crescimento muito maiores para a produção de álcool hidratado do que de álcool anidro. Atualmente, a maioria dos veículos fabricados no Brasil possui essa tecnologia. Segundo os dados da Anfavea, em 2008, 94,2% dos veículos licenciados pertenciam à categoria *flex fuel* quanto ao tipo de combustível. A presença de etanol na matriz de transporte brasileira passou de 16%, em 2007, para 19%, em 2008 (MME, 2008). Observe-se que os veículos *flex fuel* brasileiros podem utilizar E-100, o que não ocorre com os veículos americanos e alemães, que só podem utilizar no máximo E-85.

A Figura 16 apresenta a curva de aprendizado do etanol brasileiro, este compete com a gasolina “C”, sem subsídios, desde 2004. O mesmo não ocorre com os biocombustíveis produzidos nos outros países selecionados. O preço do E-85 norte-americano não é competitivo frente ao preço da gasolina (Figura 11), tampouco o preço do biodiesel produzido na Alemanha é competitivo frente ao preço do diesel (Figura 8), sem o auxílio de subsídios.

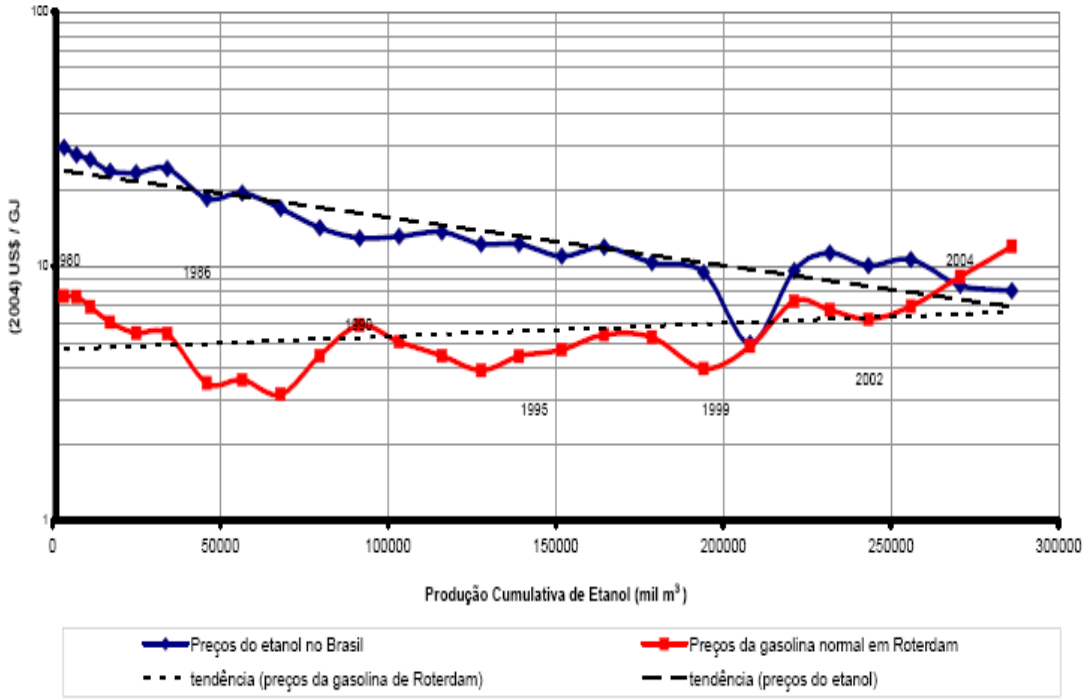


Figura 16 - Curva do aprendizado brasileiro na produção de etanol
Fonte: GOLDEMBERG, COELHO, NASTARI E LUCON, (2003)

Com relação à distribuição do etanol para suas diversas finalidades e o suprimento do mercado, aproximadamente 5% do total da produção são utilizados na indústria alimentícia, alcoolquímica e de perfumaria; 15%, destinados à exportação, e 80% são direcionados para o mercado interno de combustíveis (UNICA, 2007). Na safra de 2008, o Brasil conseguiu suprir o mercado interno e exportar 5 bilhões de litros de etanol que foram produzidos em 380 usinas (UNICA, 2008). A Figura 17 ilustra a localização das usinas de etanol no Brasil.

Figura 17 - Localização das usinas de açúcar e álcool no Brasil
Fonte: SEABRA, 2008

Outro biocombustível produzido no Brasil é o biodiesel. No entanto, sua produção ainda não é muito expressiva, com 1,16 bilhão de litros produzidos em 2008, sendo que a produção é voltada principalmente para o mercado interno. A maior parte desta produção de biodiesel teve como matéria-prima a soja, uma leguminosa que melhor se adapta às condições climáticas brasileiras.

Como já foi mencionado, existem outras matérias-primas para produção de biodiesel, tais como o dendê (palma), o girassol, a mamona, a colza, o algodão e o amendoim, além da gordura animal. Porém a maioria está direcionada para outros setores industriais, como, por exemplo, a indústria farmacêutica. O óleo de dendê, cujas condições climáticas favorecem o cultivo na região Nordeste, onde o programa de agricultura familiar do biodiesel tem forte atuação, também possui outros usos mais nobres do que a utilização para produção de biodiesel. Em 2008, foi possível produzir biodiesel de microalgas, mas a produção em larga escala ainda não está disponível (CENBIO, 2008).

Quanto à localização das lavouras, a soja começou a ser produzida no Brasil na década de sessenta, a partir do Rio Grande do Sul e avançou em terras antes ocupadas pelo café, no Paraná e em Santa Catarina, passando pelo Centro-Oeste em direção as regiões Norte e Nordeste (SANT'ANNA *et al.*, 2005). O Estado de Mato Grosso é o maior produtor de soja brasileiro da atualidade.

A Figura 18 ilustra a localização das usinas de biodiesel, em 2007, quando a capacidade instalada era de 2,5 bilhões de litros. Em 2008, havia 46 usinas em funcionamento e mais de cinqüenta em processo de ampliação ou de regularização na ANP, sendo que a capacidade instalada estava em 2,9 bilhões de litros (CENBIO, 2008). O mercado de biodiesel, em 2009, apresenta um total de 65 usinas autorizadas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2009 f) com capacidade instalada de 3,7 bilhões de litros.

No caso do biodiesel brasileiro, deve-se ressaltar que o produto deve atender aos parâmetros de especificação exigidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP), Resolução ANP n° 07/2008.

Desde 2005, o diesel convencional apresenta percentagem de biodiesel. A partir de julho de 2009, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém 4% de biodiesel e, segundo a Anfavea, não há necessidade de modificações nos motores dos veículos para esta percentagem. Pela Resolução nº. 2/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), esta percentagem substitui os 3% praticados anteriormente (ANP, 2009d).

Todavia, devido à obrigatoriedade de adicionar 5% de biodiesel na mistura com óleo diesel, a partir de janeiro de 2013, serão necessários investimentos em pesquisa e no desenvolvimento de uma produção cada vez maior por parte das indústrias de biodiesel.

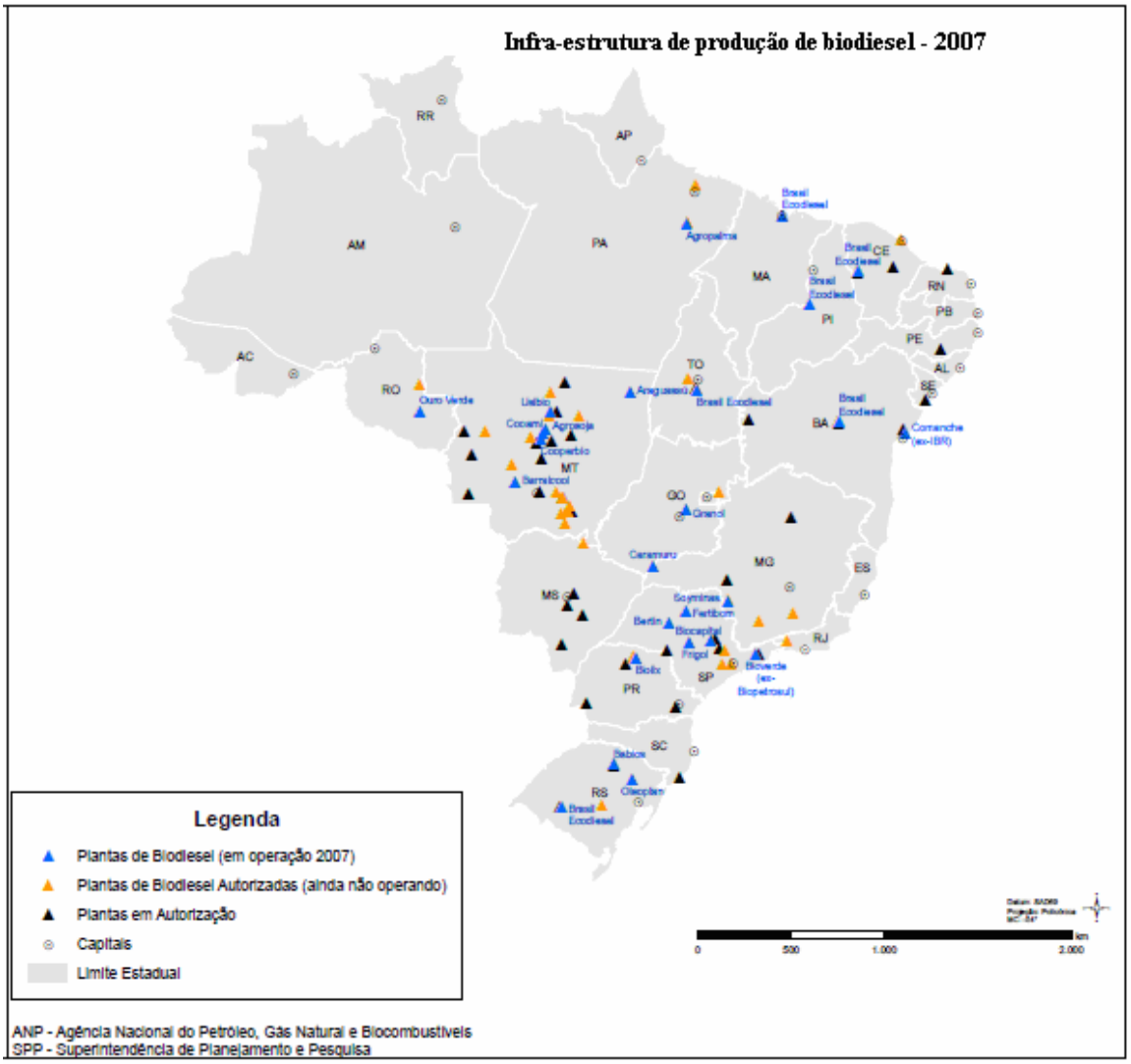


Figura 18 - Localização das usinas de biodiesel Brasil
Fonte: ANP, 2008

Confrontando-se as políticas implementadas especificamente para biocombustíveis, com a evolução da produção de etanol e biodiesel (Figura 19), nota-se que o Proálcool, de 1975, a Lei Nº. 8.723, de 1993 (estipulou a percentagem de mistura do álcool em 25%) e o advento do veículo bicombustível, em 2003, causaram efeito no aumento da produção de álcool. No caso do biodiesel, embora o programa Probiodiesel já existisse em 1980, e tenha sido revigorado em 2002 e em 2004, somente após a Lei Nº. 11.097 a produção apresentou

aumentos expressivos. Outro ponto interessante foi que apesar da remoção dos subsídios (1999), a produção de etanol tem mantido crescimento constante.

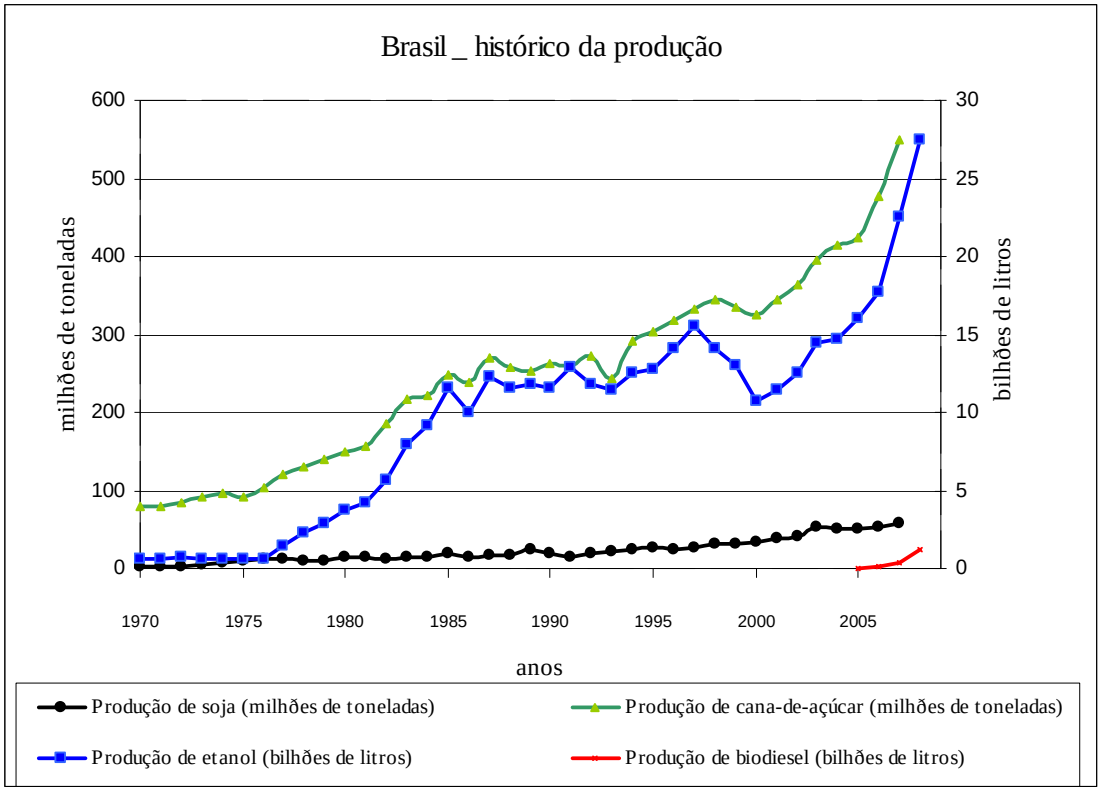


Figura 19 - Histórico da produção de cana-de-açúcar, soja, etanol e biodiesel no Brasil
Fonte: Dados cana-de-açúcar, IPEADATA, 2007b; soja, IPEADATA, 2007c; dados etanol e biodiesel: ANP, 2008

Vale lembrar que o bom posicionamento brasileiro na produção e utilização de etanol como combustível reflete mais de trinta anos ininterruptos de pesquisas e avanços, tanto nas áreas agrícola e industrial, quanto na produção de veículos compatíveis, daí a sua competitividade econômica (Figura 16).

Os marcos históricos da evolução política e tecnológica do etanol brasileiro até o seu mais recente *momentum*, com o lançamento do carro *flex fuel*, bem como o histórico do biodiesel estão descritos no Quadro 3, a seguir.

Quadro 3 - Histórico do etanol e do biodiesel no Brasil

1938 – Primeira política, Lei Nº. 737, mistura do etanol em toda gasolina no país.

1941 – Consumo de álcool registrado foi menor que 1% (LEITE, 2007). Quanto ao biodiesel, literatura relata o uso de óleos vegetais como combustíveis desde 1920.

1973/74 – Primeiro choque mundial do petróleo causado pela elevação do preço do petróleo pela OPEP para embargar os EUA que apoiavam Israel.

1975 – Lançado o Proálcool, Lei Nº. 76.593, com o objetivo de reduzir as importações de petróleo. De 1975 a 1979, utilização de álcool anidro misturado à gasolina.

1978 – Melhoramento genético e novas variedades de espécies de cana-de-açúcar, a produtividade agrícola média aumentou para 65/ha. Estudos do balanço energético das diferentes matérias-primas para etanol (MOREIRA e GOLDEMBERG, 1999).

1979 – Segundo choque mundial do petróleo, devido à revolução no Irã. No Brasil o álcool hidratado começa a ser utilizado como combustível.

Década de 80 – Apresentou situações contraditórias; elevação das vendas de veículos leves a álcool (96%, em 1985), e o declínio paulatino na produção de etanol, causado por problemas de logística no abastecimento, e preços mais atraentes para o açúcar no mercado internacional. Os produtores de álcool ficaram desacreditados frente aos consumidores. A venda dos veículos a álcool chegou ao valor mínimo de 0,07%, 1997.

1980 – Programa de Óleos Vegetais (OVEG), mas o custo de produção não era competitivo.

1993 – A Lei 8.723 estabelece que a faixa de mistura de álcool anidro à gasolina comercializada deve ser entre 20% e 25%.

1999 – Os subsídios ao etanol foram retirados e desde então, o etanol não apresenta subsídios ou controle de preços (COELHO, 2005; GOLDEMBERG *et al.*, 2003).

2002 – Programa Brasileiro de Biocombustíveis (Probiodiesel).

2003 – Início da produção de veículos *flex fuel* e preços elevados do petróleo no mercado internacional. A venda dos veículos *flex fuel* ultrapassou a venda dos veículos a gasolina, representando 89% dos veículos novos vendidos (ANFAVEA, 2003).

2004 – Etanol compete com gasolina "C" sem subsídios (GOLDEMBERG *et al.*, 2003). Reformulação do (Probiodiesel) para incorporar a questão da inclusão social.

2005 – Lei 11.097, misturas compulsórias de 5% biodiesel até 2013.

2008 – Veículos bicombustíveis somaram 94,2% dos veículos novos licenciados (ANFAVEA, 2008).

2009 – Mistura de 4% de biodiesel ao diesel (ANP, 2009d).

3.3 Custos de produção e produtividade

A análise de custos dos biocombustíveis neste estudo não pretende enfatizar técnicas de composição dos custos, mas sim procurar comparar, entender e explicar os pontos de divergência no contexto de cada país.

O custo de produção dos biocombustíveis em países desenvolvidos pode ser três vezes maior do que o preço dos combustíveis derivados do petróleo, enquanto países em desenvolvimento podem produzir biocombustível compatível com o preço do combustível fóssil correspondente. A título de comparação, pode-se mencionar que o custo de produção do etanol na Índia que em 2006 era de US$ 0,52 por litro, parecido com o preço da gasolina que estava cotado em US$ 0,48 por litro (BANCO MUNDIAL, 2006). Todavia, os resultados mais expressivos se referem ao caso brasileiro, o gráfico da curva de aprendizado do etanol (Figura 16) ilustra a competitividade do etanol brasileiro, produzido a partir da cana-de-açúcar, frente à gasolina "C".

Analisando os insumos que compõem os custos de produção dos biocombustíveis, nota-se que, em todos os países estudados, os fertilizantes, a matéria-prima e o consumo energético são vetores importantes. Há diferentes custos de produção para os biocombustíveis, conforme o tipo de matéria-prima e com o local de produção, como pode ser observado na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5 - Custos de produção de etanol e biodiesel por tipo de matéria-prima I

	Etanol	US$/litro	Biodiesel	US$/litro
EUA [a]	Milho	0,46 – 0,48	soja	0,39 – 0,79
	lignocelulose[29]	0,53 – 0,66	óleo de fritura	0,26 – 0,50
			algas	1,50 – 2,00
Brasil [b,c]	cana-de-açúcar	0,16	soja	0,28
			óleo de fritura	0,25
			sebo bovino	0,33
Alemanha [d]	utilizado como ETBE, (embutido no preço gasolina)	–	Colza	0,53

Fonte: [a] NREL, 2007 *apud* APEC[30], 2008; [b]ANP, 2007; [c] CAE, 2004; [d] FAS/USDA, 2007

29 Tecnologia ainda em desenvolvimento, custos estimados.

30 NREL, National Renewable Energy Laboratory . Disponível em: http://www.nrel.gov

Há grande dificuldade em se analisar comparativamente os custos tanto do etanol quanto do biodiesel nos três países-alvo desse estudo. Os trabalhos existentes direcionam-se para um país especificamente ou até para dois, porém analisando o mesmo combustível em ambos. Raramente, a análise envolve mais de dois países, como o estudo elaborado pelo Worldwatch Institute (2007), cujos dados são apresentados na Tabela 6. Por último, não existe padronização de dados e, em muitos casos, os dados são discordantes.

Tabela 6 - Custos de produção de etanol e biodiesel por tipo de matéria-prima II

	Etanol	Gasolina	Biodiesel	Diesel
EUA	€ 0,36 (milho)	€ 0,45 com impostos € 0,32 sem impostos	€ 0,50 (soja)	€ 0,47 com impostos € 0,31 sem impostos
União Européia	€ 0,70 (trigo)	€ 1,09 com impostos € 0,34 sem impostos	€ 0,56 (canola)	€ 1,06 com impostos € 0,33 sem impostos
Brasil	€ 0,27 (cana)	€ 0,69 com impostos € 0,33 sem impostos	€ 0,52 (soja)	€ 0,40 com impostos € 0,32 sem impostos

Fonte: WORLDWATCH INSTITUTE, 2007

No último leilão realizado em maio de 2009, pela ANP (2009e), o preço médio do biodiesel era de, aproximadamente, R$ 2,30 por litro.

Nos Estados Unidos, 20% dos custos de produção do milho consistem em gastos com sementes, cujo mercado é dominado por um pequeno grupo de empresas (EERE, 2008a).

O bom desempenho do etanol de cana-de-açúcar brasileiro (balanço energético) está relacionado à elevada produtividade agrícola e industrial, além do uso de subprodutos como o bagaço. Este é aproveitado no processo industrial de cogeração, em que o ganho em rendimento é mais elevado devido à produção combinada de energia térmica e mecânica (COELHO, 1999).

As usinas norte-americanas e alemãs consomem energia proveniente de combustíveis fósseis durante o processo de obtenção do etanol, o que faz com que o balanço energético dos mesmos seja inferior ao brasileiro.

Na Tabela 7 verifica-se o preço dos principais biocombustíveis na distribuidora em cada país, em 2009. Nota-se que dentre os biocombustíveis apresentados o etanol brasileiro é

o mais competitivo frente ao combustível fóssil correspondente, como já mencionado sem subsídios.

Tabela 7 - Preços dos combustíveis

2009	Combustível	Distribuidora US$[31]/l
Brasil (a [1])	Álcool	**0,51**
	Gasolina	0,84
Alemanha (b)	Biodiesel	1,55
	Diesel	1,50
EUA (c)	Álcool E-85	0,67
	Gasolina	0,49
	Diesel	0,57
	Biodiesel B-20 (soja)	0,64

Fonte: (a) ANP, 2009g; (b) UFOP, 2009a; (c) EERE, 2009

Ainda com relação ao balanço energético, conforme trabalho de Macedo *et al.* (2005), a razão energia renovável/energia fóssil necessária para a produção do etanol indica que, dentre as principais matérias-primas dos países relacionados neste estudo, o etanol brasileiro produzido a partir da cana-de-açúcar possui o melhor balanço energético (8,9) quando comparado ao etanol de beterraba alemão (2,0) e ao etanol de milho americano (1,3).

O consumo de energia fóssil durante a fase agrícola afeta significativamente o custo de produção dos biocombustíveis. Os resultados de Andreoli (2007) mostram que, para produzir 1.000 litros de etanol de milho, o gasto energético é quatro vezes maior do que a mesma quantidade produzida utilizando-se a cana-de-açúcar.

O teor de óleo contido em cada matéria-prima é distinto conseqüentemente a produção de óleo por hectare varia proporcionalmente. Dentre os países selecionados a Alemanha utiliza a matéria-prima com maior teor óleo. A produção de óleo da soja brasileira é de 400 litros por hectare, da soja norte-americana 500 litros por hectare e da canola alemã 1.200 litros por hectare (WORLDWATCH INSTITUTE, 2007).

31 Conversão 2009: Real/Dólar 2,1589 até julho, Euro/Dólar 1,3965 até julho. Fonte Banco Central do Brasil. Disponível em: www.bcb.gov.br.

3.4 Logística

A produção de biocombustíveis envolve a existência ou o desenvolvimento de uma estrutura de suporte para colheita, processamento da biomassa e distribuição do biocombustível. Além disso, há a necessidade de instalações apropriadas para a armazenagem. A utilização dos mesmos oleodutos existentes para transporte de petróleo para transportar etanol é inviável, por problemas de corrosão e contaminação por água; já o biodiesel pode dissolver e deixar resíduos dentro do oleoduto.

A estrutura logística dos biocombustíveis é complexa e envolve transporte local e regional e para distâncias mais longas levando o produto para outros centros consumidores ou até mesmo para exportação.

No caso do biodiesel, cuja produção em escala comercial é incipiente no Brasil, um fator importante está na localização das indústrias esmagadoras e produtoras de biodiesel, distantes do mercado consumidor. O Brasil enfrenta alguns problemas no sistema de produção e venda do biodiesel por falta de melhor infra-estrutura e de logística gerando custos, principalmente pela distância entre os fornecedores e a base de consumo (ANP, 2009a).

Na Alemanha, os postos de combustíveis que comercializam biodiesel misturado ao diesel podem ser encontrados em todo país. Diferentemente do biodiesel que começou a produção em escala comercial em 1995, a produção e a logística do etanol teve início recentemente, 2004, quando se iniciaram a construção ou reforma de várias usinas de etanol (VAN THUJL, 2006).

Nos Estados Unidos, a maioria das usinas de biocombustíveis está localizada no Centro-Oeste, perto das zonas produtoras de soja e de milho, e longe dos principais centros consumidores na costa Leste e Oeste do país. Como não é possível fazer o transporte pelos oleodutos existentes, o transporte é rodoviário, utilizando a infra-estrutura rodoviária desenvolvida para atender à indústria química. Assim, segundo o Departamento de Energia, o transporte rodoviário não representa um gargalo para distribuição de biocombustíveis, perfazendo 5% do tráfego rodoviário, em 2022.

O gargalo encontra-se nas unidades de mistura e distribuição, que têm necessidade ampliação. Há pontos localizados com falta de produto (EERE, 2008a). A gasolina com baixa concentração de etanol é encontrada no país inteiro, enquanto os postos de combustíveis para E-85 estão mais concentrados perto das regiões produtoras, que corresponde ao “cinturão do milho”.

3.5 Barreiras tarifárias e subsídios

Um aspecto econômico fundamental relacionado aos biocombustíveis é a existência de tributação e de subsídios, uma vez que ambos são complexos e podem incidir na produção, na distribuição ou no consumo dos biocombustíveis. A existência de subsídios pode ocultar diferenças no custo de produção e interferir na competitividade.

As barreiras tarifárias representam entraves para a expansão do mercado de biocombustíveis, além dessas barreiras existem as barreiras não tarifárias normalmente implícitas em barreias técnicas que serão discutidas em detalhe no item 3.6.

Quanto à tributação de veículos novos, entre os três países, o Brasil possui as alíquotas mais elevadas, como demonstrado na Figura 20.

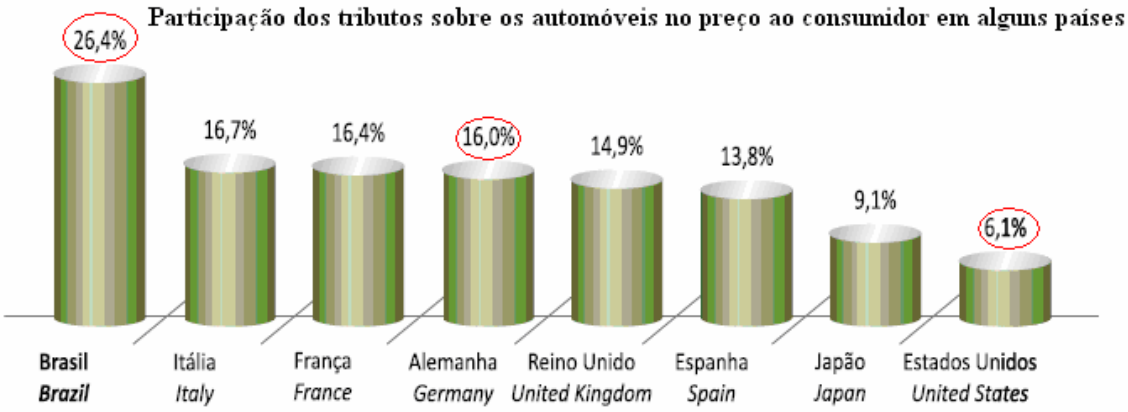


Figura 20 - Tributos sobre os automóveis no preço ao consumidor
Fonte: ANFAVEA, 2008

Os subsídios atrelados a algum tipo de programa podem aparecer em forma de alíquotas diferenciadas nos impostos, apoio à indústria, apoio à agricultura ou garantia de mercado por meio de sistema de quotas. Tanto os Estados Unidos como a Alemanha subsidiam produtos agrícolas que estão envolvidos na produção de biocombustíveis. No Brasil, os incentivos figuram na cadeia produtiva do biodiesel.

3.5.1 Alemanha

Com relação aos subsídios e às políticas de redução nas taxas de impostos, em 1991 a Política de Agricultura Comum (PAC) que partiu de uma resolução da União Européia visou incentivar a agricultura, mas indiretamente beneficiou culturas agrícolas para biocombustíveis (FAS/USDA, 2007). Outro incentivo foi adoção, em 2004, de uma medida

baseada no Artigo n°16 da União Européia (COUNCIL DIRECTIVE 2003/96/EC, 2003) criando o *Mineral Oil Duty Act* ou *Mineralölsteuergesetz* que, inicialmente, permitiu isenção total de impostos para biocombustíveis. Ressalta-se que, antes deste ato a produção de biodiesel era inexpressiva (Figura 7).

Ainda com relação ao PAC (1991), este teve como meta à utilização do excedente da produção de óleo de modo a manter os subsídios concedidos aos agricultores. Assim, as áreas que ultrapassavam os limites estabelecidos pela legislação foram direcionadas para culturas agrícolas com finalidade não alimentícia (PLÁ, 2003). Com a reforma do PAC, em 2003, os produtos agrícolas cultivados em áreas de descanso e destinados à produção de biocombustíveis passaram a receber incentivo de € 45 por hectare até o limite de 1,5 milhões de hectares, sendo que este limite foi aumentado para 2 milhões de hectares em 2007 (KUTAS *et al*., 2007).

Segundo o Worldwatch Institute (2007), a Política da União Européia (2003) do PAC é responsável por um terço do ganho dos agricultores europeus. De fato, esta política surtiu efeito e no ano de 2004 a produção de canola quase dobrou. Em 2003, a produção foi de 3,6 toneladas passando para 5,3 milhões de toneladas, em 2004 (UFOP, 2009b).

Como já discutido, devido a problemas com o preço dos alimentos, no final de 2008, foi aprovada uma proposta para modificar os incentivos aos biocombustíveis. Essa lei muda a base de cálculo a partir de 2015 e, em vez de ser calculada pelo conteúdo energético, será baseada nas emissões evitadas (FAS/USDA, 2009b).

Quanto ao etanol produzido na Alemanha, a isenção de imposto em 2005 era de € 0,65 por litro (KUTAS *et al*., 2007). Sobre o etanol importado incidem impostos de € 0,19 por litro para o etanol puro e de € 0,10 por litro para o etanol que contém aditivos. Tanto a forma pura como a aditivada são classificadas pelo código 2207 (como já mencionado), o que dificulta a identificação quanto à utilização como combustível. Porém, se o etanol estiver misturado à gasolina, é classificado pelo código 3824, sobre o qual incidem 6% de alíquota de imposto (WORLDWATCH INSTITUTE, 2007). Acordos da União Européia com outros países também influenciam a tributação do etanol importado, é o caso do *Everything But Arms Initiative* (EBA[32]) para os países em desenvolvimento e do *Cotonou Agreement*, que beneficiam países da África, do Caribe e do Pacífico (ACP) garantindo a isenção de tarifas para o etanol (USDA, 2008b). Sobre a importação de etanol de países não incluídos nesses

32 "Everything but Arms" (Qualquer coisa, exceto armas) lançado em 2000 é um programa de ajuda a países pobres principalmente africanos para livre acesso ao mercado dos países Europeus foi um plano de ação adotado pela União Européia. Por este programa (PAC, Política Agrícola Comum) a União Européia subsidia a agricultura de países da África e Caribe.

acordos incide uma alíquota de € 0,102/litro para desnaturado e de € 0,192/litro para não desnaturado. Sobre a importação do biodiesel é cobrada uma tarifa *ad valorem* de 6,5%. A respeito da importação de matérias-primas para produção de biodiesel, o óleo vegetal importado mais comum é o de soja, com uma alíquota em torno de 20%; para o biodiesel importado dos Estados Unidos na forma de óleo de ácido metil éster (FAME) a tarifa é de 6,5%. As regras para o óleo vegetal puro são diferentes porque podem ser utilizados na alimentação (WORLDWATCH INSTITUTE, 2007).

O preço médio ao consumidor do diesel derivado de petróleo na Alemanha, em julho de 2009, foi de € 1,069 por litro, enquanto o biodiesel (B-7, canola) foi cotado em € 1,029 por litro. O imposto cobrado sobre diesel convencional ficou em € 0,47[33] por litro (US$ 0,65/litro) e foi estabelecido pelo *Biofuel Quota Act*, 2006, que substituiu a política prévia de isenção de tarifas para biocombustíveis. Em contrapartida, o imposto cobrado para o biodiesel ficou em € 0,18 por litro ou US$ 0,24 por litro (UFOP, 2009a).

A redução de imposto do biodiesel está prevista para terminar em alguns anos e, em 2012, o biodiesel e o diesel mineral derivado de petróleo deverão competir de igual para igual no mercado, segundo informações da EU-27/BIO-FUELS/ANNUAL (FAS/USDA, 2008). De acordo com a Associação Alemã dos Produtores de Óleo e Proteínas de Óleo (2009), a tributação do biodiesel alemão (Tabela 8) pode ser simplificadamente explicada pela adição ao preço de custo de dois tipos de impostos: o imposto de energia e o de "outros impostos" (representa 19% do preço de custo).

Tabela 8 - Tributação de combustíveis na Alemanha

Combustível (euros)	Preço de custo	Taxa de energia + Outros impostos (19%)	Preço de mercado
Diesel	0,450 [a]	0,470	1,049
Biodiesel	0,792	0,182	1,077

Fonte: UFOP, 2009a; [a] TECSON, 2009

Conforme os dados ilustrados na tabela e a discussão acima apresentada, nota-se que a proximidade entre o preço de mercado do diesel e do biodiesel é garantida pelas alíquotas de impostos e políticas especiais para biocombustíveis.

33 Valor da conversão de euro para dólar em 2009: 1,395. Disponível em: www.bcb.gov.br

3.5.2 Estados Unidos

Nos Estados Unidos, as destilarias e os combustíveis provenientes de biomassa são objeto de tributação federal, estadual e local. O tipo de imposto varia com dois requisitos principais: o uso nas rodovias, coberto pela norma 26CFR48.4041-8, ou em qualquer via pública, e a circulação de mercadoria, que, normalmente, tributada no âmbito estadual e local. O imposto federal sobre o diesel é de US$ 0,43 por galão (US$ 0,11/l) e o imposto estadual, em média, é de US$ 0,22 por galão (US$ 0,05/l).

As destilarias são responsáveis por cobrar o imposto dos consumidores e por repassá-lo para os órgãos responsáveis, o que significa que os impostos estão incluídos no preço de varejo do biocombustível. Os produtores independentes são responsáveis por recolher os seus próprios impostos. A empresa que faz a mistura de biocombustível ao petróleo normalmente paga imposto pela mistura. A biomassa misturada ao petróleo paga imposto, pois não atende às exigências para isenção de impostos. Deste modo, é tributada pela norma 26CFR48.4081.

O biodiesel puro está isento de tributação pela norma 26CFR48.4081, porém é tributado pela norma 26CFR48.4082, que tributa qualquer líquido que não seja combustível. A maioria dos incentivos na redução de imposto seja no custo de produção, na estrutura ou na circulação da mercadoria favorecem o biodiesel. No caso dos óleos vegetais, estes podem ser excluídos por não satisfazerem os requisitos da definição de combustíveis ou incluídos, levando-se em consideração a falta de precisão na definição (NREL, 2004).

Pelas regras atuais, o etanol americano recebe, no mínimo, US$ 0,51 para cada galão (US$ 0,13/l) misturado à gasolina, até o limite de 7,5 bilhões de litros produzidos internamente ou importados, como já mencionado. Após este limite, o incentivo passa para US$ 0,45 por galão (US$ 0,11/l). O incentivo aos produtores atua no lado da importação, regulado pelo *Energy Independence and Security Act*, de 2007, em que é cobrado US$ 0,54 por galão (US$ 0,14/l), mais uma taxa de 2,5% do valor importado.

Analogamente à tributação da Alemanha há exceções. Os países do Caribe são isentos da tarifa de US$ 0,14/l na exportação do etanol pelo *Caribbean Basin Initiative* CBI. No caso dos países que produziram localmente pelo menos 30% da matéria-prima do etanol exportado, são permitidas quotas adicionais que estão limitadas a 7% da produção norte-americana no ano anterior.

Há usinas nos países do Caribe que recebem etanol hidratado brasileiro que é desidratado e exportado para os Estados Unidos devido à falta de competitividade dos custos de produção local (GUARDABASSI, 2006). A Tabela 9 apresenta o volume de importação norte-americano por país em 2007. Nota-se que a importação de etanol brasileiro recuou 57% do volume do ano anterior, enquanto os outros países exportadores tiveram suas exportações aumentadas. Este fato pode estar ligado ao maior incentivo de políticas para produção de etanol por parte dos governos. Estes podem estar interessados em participar do comércio internacional, como é o caso do governo da Jamaica que desde 2005 apóia a reestruturação do setor (JIS, 2009). Além disso, usinas brasileiras têm se instalado na região aumentando a produção local (SUCRE-ETHIQUE, 2009).

Tabela 9 - Importações de etanol combustível nos Estados Unidos

País (milhões de litros)	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Brasil	0	0	342	118	1644	716	-
Costa Rica	45	56	96	127	136	149	-
El Salvador	17	26	22	90	146	278	-
Jamaica	110	149	139	138	253	285	-
Trinidad & Tobago	0	0	0	38	94	162	-
Canadá	0	0	0	0	0	20	-
China	0	0	0	0	0	17	-
Total	172	231	606	512	2476	1615	2274*

Fonte: RFA, 2008
Nota: * estimado

O incentivo aos produtores de etanol está regulado pelo *Energy Policy Act*, de 2005, estabelecendo crédito nos impostos de US$ 0,10 por galão (US$ 0,02 por litro) para o pequeno produtor de biodiesel que são usinas com capacidade menor do que 60 milhões de galões (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2008). É importante ressaltar que os subsídios reduzem o custo do biocombustível pela diferença entre o imposto devido e o incentivo. No que diz respeito aos subsídios, um estudo realizado pelo Estado do Texas comparou, em percentagem, os subsídios recebidos pelos diferentes tipos de fontes de energia com o gasto nacional total em subsídios, em 2006, conforme ilustrado na Tabela 10. Pode-se notar que, dentre todos os subsídios destinados às diversas formas de energia, o etanol recebeu a maior percentagem, 26,5%, e o biodiesel, 9,9%.

Tabela 10 - Subsídios para combustíveis nos Estados Unidos

Tipo de energia	Subsídio Federal (US$)	Gasto consumo total de energia (US$)	Gasto total - por fonte de energia (US$)	Subsídio Federal no gasto total %
Petróleo e gás	3.502.732.143	772.404.554.400	775.907.286.543	0,5
Carvão	2.754.908.000	37.228.867.200	39.983.775.200	6,9
Nuclear	1.187.426.000	4.506.192.000	5.693.618.000	20,9
Subtotal não renováveis	744.506.6143	814.139.613.600	821.584.679.743	0,9
Etanol	4.708.277.549	13.082.400.000	17.790.677.549	**26,5**
Biodiesel	92.315.835	840.350.000	932.665.835	**9,9**
Eólica	457.924.289	3.502.105.629	3.960.029.918	11,6
Solar	382.756.318	2.731.644.481	3.114.400.799	12,3
Hidroeletricidade	295.234.608	56.123.748.494	56.418.983.102	0,5
Biomassa	209.641.875	50.421.528.417	50.631.170.292	0,4
Geotérmica	29.158.534	5.825.057.818	5.854.216.352	0,5
Subtotal renováveis	6.175.309.008	132.526.834.839	138.702.143.847	4,5
Energia total	13.620.375.151	946.666.448.439	960.286.823.590	1,4

Fonte: TEXAS STATE, 2008

Nota: O ano fiscal federal está definido entre 1° de outubro até 30 de setembro; petróleo e gás incluem produção: de gás natural, petróleo bruto e GLP.

Neste panorama, pode-se dizer que o mercado está protegido de competição externa seja pelos incentivos concedidos aos produtores locais ou pela incidência de impostos no biocombustível importado.

3.5.3 Brasil

Do início do programa Proálcool até o final do século passado, o etanol contou com políticas de auxílio ao aumento de sua competitividade favorecendo sua maturidade para o mercado por intermédio do desenvolvimento de *know how* agrícola, industrial e comercial.

Além de ter atingido o objetivo principal da diminuição das importações de petróleo, em 2004 o preço do etanol já competia com o preço da gasolina “C” sem subsídios. A desregulamentação do etanol começou durante o Plano Real, em 1994, com a redução do desconto do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) de carros novos a etanol e também a diferença entre o preço da gasolina e o etanol combustível (BARROS, 2005).

Os incentivos diretos à produção de etanol combustível foram removidos totalmente em 1999 e, desde então, não há controle de preços por parte do governo (COELHO, 2005; GOLDEMBERG *et al*., 2003). Os únicos incentivos estão alocados na aquisição de veículos no IPI e no Imposto sobre Circulação de Serviços (ICMS), sendo que a menor e a maior alíquota ICMS são as de São Paulo (12%) e do Estado do Pará (30%), respectivamente, com média de 24% (GOLDEMBERG *et al*., 2008b).

Na Tabela 11 verifica-se que as alíquotas de IPI alcançam percentagem mais alta para os veículos a gasolina.

Tabela 11 - Impostos sobre veículos e combustíveis

Tipo de veículo	Imposto Federal (IPI)[a]	
Veículos a gasohol (gasolina C)	7% –25%	
Veículos a etanol	7% –18%	
Veículos *flex fuel*	7% –18%	
Impostos sobre Combustíveis		
	ICMS (variação)[b]	**CIDE (alíquota)[b]**
Gasolina	25% - 31%	R$ 501,10/ m^3
Diesel	12% - 17%	R$ 154,80/ m^3
Etanol hidratado	12% - 30%	R$ 22,54/m^3
Etanol Anidro (incide no gasohol)	–	–

Fonte: [(a)] ANFAVEA, 2008 e MDIC, 2009, [(b)]UNICA, 2007

Notas: IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados – Federal, a alíquota varia de acordo com o motor 1,000cm^3 a 3,000cm^3. ICMS – Imposto sobre Circulação de Serviços – Estadual. CIDE Contribuição por Intervenção em Domínio Econômico – Federal – sobre combustíveis líquidos e gasosos.

Na realidade, a diferença nas alíquotas de IPI é uma maneira de internalizar os custos das externalidades causadas, em que alíquotas maiores incidem sobre veículos movidos a combustíveis que possuem maiores emissões de poluentes.

No que se refere à tributação do etanol, segundo informações da Unica (2007), existem alíquotas diferentes para o etanol hidratado e o anidro. Há também diferença se o tributo incide sobre a indústria ou sobre a distribuidora. Assim como nos Estados Unidos, não há incidência de impostos sobre os postos de combustíveis. Nesse caso, a distribuidora é responsável pelo recolhimento e repasse dos impostos.

De modo simplificado, a estrutura de alíquotas dos impostos que incidem sobre o biocombustível etanol (UNICA, 2007) pode ser descrita da seguinte maneira:

- ***Tributo Federal***

Na indústria – sobre o etanol anidro e o hidratado, incide uma tributação de PIS/Cofins[34] de 3,65%, sobre a receita de venda do etanol.

Na distribuidora – incide uma tributação de PIS/Cofins de 8,2% na receita de venda do etanol hidratado comercializado pela distribuidora. No caso do etanol anidro, na

34 PIS/Cofins: Programa de Integração Social e Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social. Contribuição calculada com base na receita bruta das empresas, incidindo cumulativamente sobre as atividades de produção, distribuição e revenda de combustíveis, exceto para a gasolina, o óleo diesel e o GLP. No caso desses três derivados, a contribuição é recolhida pelas refinarias, relativa às operações de vendas feitas às distribuidoras (ANP, 2009).

distribuidora é misturado à gasolina, passando a ter incidência de imposto de modo igual à gasolina.

- ***Tributo Estadual***

O tributo estadual, o Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) que incide na indústria e na distribuidora varia entre 12% e 30%.

Quanto ao biodiesel, há incentivos ou reduções nas alíquotas, de PIS/Pasep e Cofins, de acordo com a origem da matéria-prima. A taxa cobrada é de R$ 0,22 por litro para os produtores que não têm o "Selo Combustível Social" e que compram qualquer tipo de matéria-prima em qualquer região do País; de R$ 0,15 por litro para os que não possuem o selo, mas utilizam palma e mamona originárias das Regiões Norte e Nordeste; de R$ 0,07 por litro para os que foram certificados com o selo, mas adquirem qualquer matéria-prima de qualquer região e nula para os que têm o selo e utilizam palma e mamona vindas do Norte e do Nordeste (MOREIRA e VILELA, 2007).

Deste modo, a presença de subsídios nos biocombustíveis produzidos no Brasil está concentrada na cadeia produtiva do biodiesel.

3.6 Barreiras não tarifárias

Ao contrário das normas técnicas[35] as barreiras não tarifárias têm fundo econômico para prática de protecionismo. De acordo com Stiglitz (2006), a redução ou eliminação de barreiras tarifárias não acaba com o protecionismo porque existe migração para outros tipos de resistência, denominadas barreiras não tarifárias embutidas em barreiras técnicas ou da origem do produto.

A dificuldade de classificação dos biocombustíveis abre margem para tributação por diferentes critérios e o aparecimento de barreiras não tarifárias. Em termos de classificação, a natureza dos biocombustíveis gera controvérsias por consistirem em produtos agrícolas, industrializados e que podem intervir no meio ambiente. Este fato foi observado na tentativa de eliminação, redução ou adequação das barreiras tarifárias de produtos ambientais[36] que

---

35 As normas técnicas estabelecem as regras para realizar um produto, serviço ou produto. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é responsável pela elaboração destas normas. Para o biodiesel na Alemanha existe a norma DIN 51606, para os EUA a norma ASTM D 6751 e para o Brasil a Portaria 255/2003 e o Regulamento Técnico ANP 2/2003. Disponível em: www.mda.gov.br/condraf/arquivos/1372414257.pdf

36 "Environmentally preferable products" (EPP) são produtos que causam significativamente menos danos ao meio ambiente do que outros produtos para o mesmo propósito, durante seu ciclo de vida.

ocorreu na rodada de Doha realizada pela Organização Mundial do Comércio[37] (OMC), em 2006. Nesta ocasião, as negociações foram descontinuadas quando a lista de produtos ambientais apresentada foi considerada muito extensa (em torno de 480 produtos) pelos membros da OMC. A falta de classificação internacional adequada para biocombustíveis repercutiu negativamente em sua competitividade, pois entre os produtos ambientais que poderiam receber benefícios estavam os que incorporavam tecnologias mais limpas como motores de veículos ou partes de usinas de biocombustíveis. Contraditoriamente, o etanol está classificado pelo código do sistema harmonizado (HS 2207.10 não desnaturado e 2207.20 desnaturado) como produto agrícola e o biodiesel (HS 382490) como produto industrial o que dificulta a identificação quanto à utilização como combustível. A classificação como agrícola ou industrial tem implicações econômicas, pois os produtos agrícolas têm tarifas mais elevadas e maior concorrência.

Além das barreiras tarifárias, das normas técnicas há uma tendência de aparecimento de inúmeros critérios de certificação para os biocombustíveis. Conceitualmente a certificação é descrita como um processo pelo qual um produto é avaliado quanto à qualidade especificada nos padrões e normas técnicas estabelecidos para sua produção. As normas técnicas são documentos emitidos por organismos reconhecidos, nacional e internacionalmente, que estabelecem diretrizes e restrições à elaboração de uma atividade de mercado.

Mesmo a certificação ISO, que foi criada para gerenciamento de processos, apresenta em sua série 1420 selos direcionados para vários aspectos do gerenciamento ambiental (IEMA, 2007). Esses vários tipos de certificações podem englobar biocombustíveis seja por aspetos agrícolas, industriais ou ambientais. Sobretudo, o aparecimento de inúmeras certificações demonstra a tendência global de padrões de aprimoramento de produtos. Por outro lado, a existência de muitas certificações pode assumir um caráter de barreiras não tarifárias onerando o processo e diminuindo as chances de países em desenvolvimento de participar do mercado internacional de biocombustíveis.

Há inúmeros critérios de certificação como já analisado em vários outros estudos (BIOTOP, 2009), como a *Roundtable on Sustainable Biofuels* (Ecole Polytechnique de Lausanne), a Diretiva Européia de 2009, entre vários outros.

Na realidade, o processo de globalização da produção e consumo do biocombustíveis, devido a fatores como a segurança energética e ambientais locais (poluição

---

37 A Organização Mundial do Comércio (OMC) é uma entidade não governamental que trata de assuntos do comércio mundial e está amparada por três princípios fundamentais; da transparência, não discriminação e ausência de restrições quantitativas.

atmosférica), e globais (aquecimento global), vem ocorrendo de maneira muito mais rápida do que a unificação dos critérios. Uma forma de homogeneizar as discrepâncias segundo Goldemberg *et al.* (2008b) seria criar uma *commodity* mundial para o etanol, isto é, um produto padronizado de comercialização internacional.

4 ASPECTOS SOCIAIS

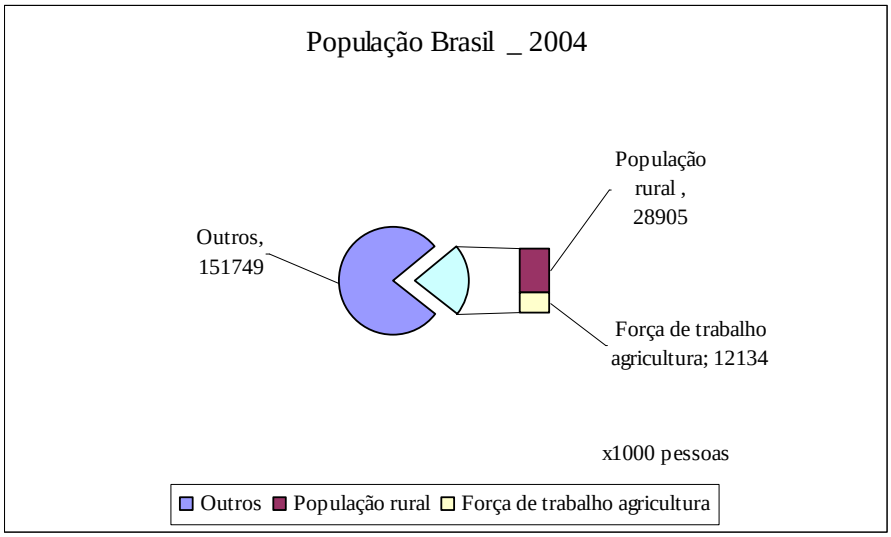
Este capítulo contempla os aspectos sociais relativos aos trabalhadores da zona rural, de forma geral, e mais especificamente os aspectos sociais relativos aos trabalhadores de base envolvidos na fase agrícola dos biocombustíveis. São apresentadas as características da população rural envolvida em cada país. Além disso, são estudados os possíveis fatores para deslocamento do trabalhador rural e a estrutura política nacional que, potencialmente, aceleraram a melhoria ou a degradação do trabalho rural. Também é apresentada a seqüência de políticas que influenciaram a evolução da vertente social dos biocombustíveis.

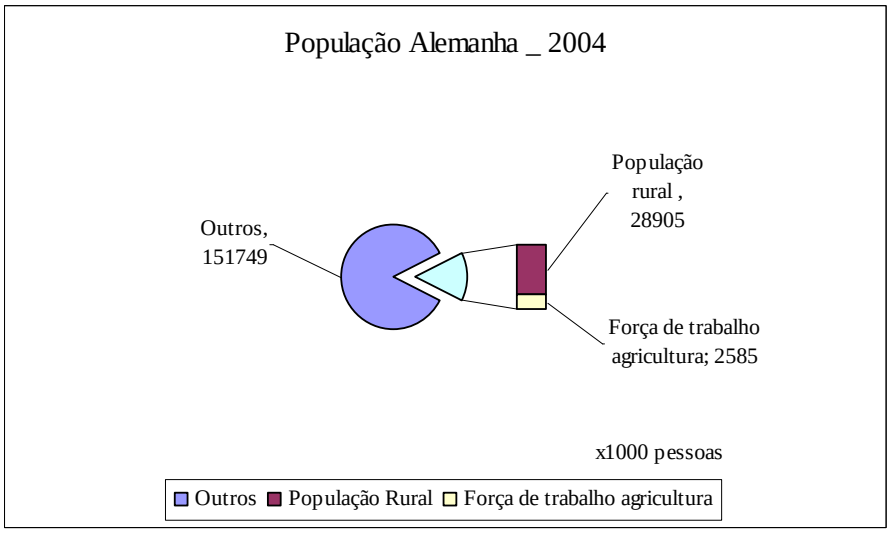
Para serem economicamente viáveis, os biocombustíveis precisam de um nível elevado de mecanização. A modernização tecnológica mudou o padrão agrícola no Brasil (AGUIRRE, 1989). Este fato foi observado também nos EUA (USDA, 2005) e na Alemanha. Entretanto, é importante investigar se, nesse processo de transição, os interesses sociais também foram incluídos nas políticas relacionadas aos biocombustíveis.

Por outro lado, a produção de biocombustíveis gera benefícios sociais para os países em desenvolvimento, como a movimentação da economia e a geração de um grande número de empregos, especialmente para trabalhadores com baixo grau de escolaridade na zona rural. Um exemplo é o investimento necessário para criar empregos no Brasil, onde uma nova posição de trabalho na agroindústria de etanol custa aproximadamente US$ 11.000 enquanto na indústria petroquímica o custo é 20 vezes maior (GOLDEMBERG, 2002).

É sabido que o equilíbrio entre as vertentes econômicas, ambientais e sociais garante o desenvolvimento sustentável e o bem-estar social entre as gerações (WCE, 1987 *apud* FEENY *et al*., 1990).

De um modo geral há, nos três países estudados, uma tendência de diminuição do número de trabalhadores no campo. A comparação da força de trabalho rural com o número de pessoas vivendo nestas áreas indica que, nem sempre, os residentes de áreas rurais fazem parte da força de trabalho rural. Assim, a renda desta população pode ser proveniente de outra atividade ou da conciliação de ambas. Esta característica é bastante acentuada na Alemanha e nos Estados Unidos, como mostram a Figura 21 e a Tabela 12. Entre os países envolvidos neste estudo o Brasil é o país que apresenta maior percentagem de trabalhadores rurais (FAO, 2004).





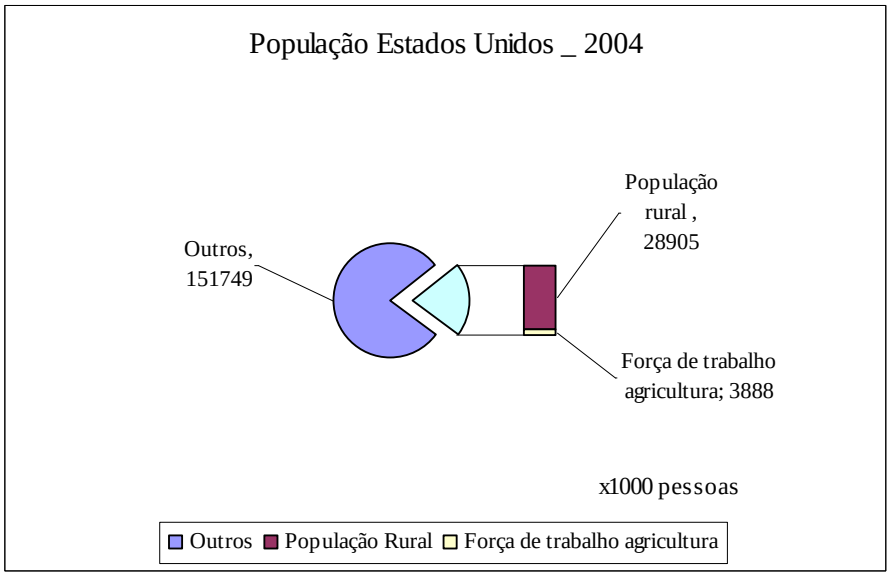


Figura 21 - População rural e trabalho rural, Brasil, Alemanha, Estados Unidos
Fonte: FAO, 2004

A Tabela 12, a seguir, mostra a diminuição da população e da mão-de-obra rural, nos últimos anos. Nota-se que, no período de 1979 a 2004, a força de trabalho na Alemanha sofreu a maior redução entre os três países.

Tabela 12 - População e força de trabalho rural

População rural total	**1979-1981 (%)**	**1989-1991 (%)**	**1999-2001 (%)**	**2002 (%)**	**2003 (%)**	**2004 (%)**
Brasil	34	25	19	18	17	16
EUA	26	25	21	20	20	19
Alemanha	17	15	12	12	12	12
Força trabalho agricultura (residentes área rural)	**1979-1981 (%)**	**1989-1991 (%)**	**1999-2001 (%)**	**2002 (%)**	**2003 (%)**	**2004 (%)**
Brasil	37	23	17	15	15	**15**
EUA	3	3	2	2	2	**2**
Alemanha	7	4	3	2	2	**2**

Fonte: FAO, 2004

4.1 Aspectos gerais do trabalhador rural

4.1.1 Alemanha

A Alemanha é conhecida por ser o terceiro país mais industrializado do mundo, com 16% da população vivendo em áreas rurais. Em 1997, a média do tamanho das propriedades rurais era de 32,1 hectares. Entretanto existe variação no tamanho das propriedades agrícolas, dependendo da região e por razões históricas, tais como concentração da propriedade da terra nos tempos medievais e a reforma socialista das terras, após a segunda Guerra Mundial, o que aumentou o tamanho das propriedades em mais de cinco mil hectares.

Conforme o Relatório Agrícola Anual do Ministério da Agricultura Alemão, BMELV (2007a), há uma tendência à diminuição das terras ocupadas pela agricultura na Alemanha, o que se refletiu nos dados de 2006, quando houve uma diminuição de 3,5% se comparada aos números do ano de 2005. Esse processo de diminuição do número de propriedades foi acompanhado pela diminuição dos empregos no setor agrícola. No entanto, a principal característica da propriedade agrícola desse país foi mantida, que é o fato de serem

empresas agrícolas familiares. Dados da Eurostat (2008) apontam que, em 2005, dentre os trabalhadores agrícolas, aproximadamente, 70% eram membros da família.

Apesar de a agricultura contribuir apenas com 1,3% do seu PIB (FAO, 2004), a Alemanha é o maior produtor mundial de biodiesel, como já mencionado. Quanto ao uso da terra para produção de biocombustíveis, em 2008, foram utilizados 2 milhões de hectares, o que corresponde a 17% das terras agriculturáveis, como já mencionado.

Em 1950, cerca de 4 milhões de pessoas estavam empregadas na agricultura. Este número recuou para cerca de 500 mil em 1998 (WLU, 2006), a redução da força de trabalho na agricultura alemão está indicada na Tabela 12. De acordo com BMELV (2007c), a força de trabalho rural diminuiu em 22% no período de 1999 a 2007, porém com aumento do número de trabalhadores sazonais bem como com o tamanho das propriedades. O relatório agrícola do governo alemão de 2007 mostrou uma tendência de diminuição da população rural devido a dois fatores: a renda média não ser atrativa e há falta de pessoas para dar continuidade à agroempresa familiar. O recente programa agrícola alemão *National Strategy Plan for Rural Development*, de 2006, visa fixar o trabalhador rural por meio de uma melhor infra-estrutura no campo (BMELV, 2007b). Além disso, a reforma no sistema de seguridade social pretende dar mais apoio ao agricultor, mediante melhorias no sistema de aposentadoria, no sistema de saúde e de seguridade contra acidentes. Assim, pretende-se conseguir maior fixação no campo, evitando o êxodo rural.

Uma característica comum tanto nos Estados Unidos como na Alemanha é a existência de um processo de pluralização de renda nas pequenas propriedades, onde normalmente existe outra atividade geradora de renda paralelamente à agrícola. Para Kageyama (2003), a renda paralela é uma estratégia de permanência no campo.

4.1.2 Estados Unidos

Até a Revolução Industrial, a economia dos EUA era essencialmente agrícola. Em 1810, 84% da mão-de-obra estava empregada na agricultura. Este cenário evoluiu com os anos devido ao desenvolvimento de tecnologias e os programas governamentais mudaram o perfil da força de trabalho agrícola norte-americano. A produtividade das propriedades agrícolas praticamente dobrou, entre 1810 e 1880, e dobrou novamente no início da Segunda Guerra mundial. Após esse período, iniciou-se a mecanização da agricultura que, simultaneamente ao uso de agroquímicos, impulsionou a produtividade agrícola (NASDA, 1993). O aumento da produtividade foi necessário para compensar a migração de

trabalhadores do setor primário para outras áreas da economia. Para isso, a produção agrícola teve de se adaptar à nova realidade. Tratores substituíram a força animal na década de sessenta, e a colheita mecanizada tornou-se rotineira (USDA, 2005). Houve uma migração das pequenas propriedades, com produção diversificada para uma agricultura especializada, caracterizada por um número menor de propriedades, porém maiores em extensão. A mão-de-obra também passou de intensiva, em um grande número de pequenas e diversificadas unidades, para uma agricultura especializada, mecanizada e em um pequeno número de extensas propriedades.

Atualmente, a agricultura mecanizada norte-americana emprega cada vez menos trabalhadores no setor primário. O Quadro 4 relata a substituição de força animal na agricultura americana devido à mecanização. Esta também substituiu trabalhadores rurais.

Quadro 4 - Substituição de força animal na a agricultura americana

1900 –	Número de animais usados no de trabalho agrícola: 21,6 milhões
1930 –	Número de cavalos e mulas: 18,7 milhões
	Número de tratores: 920.000
1945 –	Número de tratores: 2,4 milhões
	Número de cavalos e mulas usados no trabalho agrícola: 11,6 milhões
1960 –	Número de tratores: 4,7 milhões
	Número de cavalos e mulas usados no trabalho agrícola: 3 milhões

Fonte: USDA, 2005
Nota: Os dados do número de cavalos não foram coletados após 1960.

Os dados dos censos agropecuários americanos demonstram o declínio no número de trabalhadores no campo. Em 1900, do total da população norte-americana, 41% trabalhavam em atividades agrícolas; em 1930, esse número recuou para 21,5% e, em 2000, apenas 1,9% da população trabalhava em atividades agrícolas (USDA, 2005). É importante mencionar que a contribuição de outras forças, tais como o desenvolvimento tecnológico, a influência da opinião do consumidor na produção agrícola e a crescente integração da agricultura norte-americana nos mercados nacional e global também colaboraram para esta condição.

Em relação à mão-de-obra alocada na produção de biocombustíveis, existem duas categorias de trabalhadores rurais, os que operam uma agricultura altamente mecanizada e são proporcionalmente em menor número e os trabalhadores temporários, normalmente contratados para a fase da colheita. Assim como no Brasil, esses trabalhadores sazonais

apresentam salários menores, são imigrantes e raramente participam de programas sociais. Esta situação tem origem na imigração dos agricultores tradicionais americanos para ocupar outras posições de trabalho durante o desenvolvimento econômico (NASDA, 2005).

4.1.3 Brasil

Uma das críticas a respeito da produção de biocombustíveis no Brasil está relacionada ao aspecto social, envolvendo o trabalhador rural principalmente na cultura da cana-de-açúcar. Isso se deve, particularmente, ao fato de haver grande número de empregos sazonais, com baixa remuneração e duras condições de trabalho. Porém, a revisão do processo de desenvolvimento da agricultura no Brasil indica que a condição atual do trabalhador canavieiro reflete problemas sociais, econômicos e da agricultura de um modo geral, que se perpetuaram ao longo dos anos. A fim de esclarecer a trajetória que resultou no trabalho rural temporário estão descritos, a seguir, os eventos históricos mais relevantes.

A primeira *commodity* brasileira foi o pau-brasil, sendo que os primeiros trabalhadores deste produto foram os índios, que recebiam mercadorias como forma de pagamento, denominado escambo. Quando Portugal iniciou a colonização do Brasil, instituiu-se o regime de Capitanias Hereditárias, caracterizado pela divisão de terras em sesmarias. A cana-de-açúcar foi a cultura escolhida para ser produzida em sistema de *plantation*, que tem por uma de suas características a utilização de mão-de-obra intensiva. Desse modo, no princípio, os índios nativos foram os trabalhadores de eleição. No entanto, os índios não se adaptaram ao tipo de trabalho, e os escravos africanos tornaram-se os trabalhadores dessa cultura agrícola.

A Lei Euzébio de Queiroz suprimiu o tráfico de escravos após pressão inglesa, lei *Bill Aberdeen*, de 1845, que autorizava a interceptação de navios negreiros, e desencadeou a substituição dos escravos por imigrantes europeus. Estes foram deslocados pelo processo de industrialização europeu, em que máquinas mais eficientes substituíram parte da mão-de-obra operária, que imigrou para o Brasil com o intuito de ser contratada como trabalhador agrícola, principalmente na cultura do café. Nesse período, a marca da agricultura latifundiária foi mantida com a coexistência das pequenas propriedades, entretanto em menor número e apresentando como característica uma agricultura de subsistência e a ausência de escravos ou assalariados.

Após a libertação dos escravos, Lei Áurea, de 1888, não houve imediata adoção de trabalho assalariado, o que acarretou na decadência de culturas agrícolas, que foram

transformadas em pastagens. Esse processo de transformação de terras produtivas em pastagens foi reforçado pela falta de competitividade do pequeno agricultor, que vende sua propriedade, tornando-se empregado ou migrando para cidade, o que conseqüentemente reflete na situação do trabalhador rural brasileiro (SERRA, 2003). O processo de industrialização brasileira também contribuiu para o êxodo rural, significando a diminuição da força de trabalho no campo que supria a agricultura de mão-de-obra intensiva. A condição desfavorável dos trabalhadores rurais se estendeu ao longo dos anos até a modernidade, associada à predominância de latifúndios.

O tamanho das propriedades no Brasil, portanto, caracterizou-se desde a colonização por latifúndios e, apenas mais tarde, apareceram as pequenas e médias propriedades. Um fator que reforçou a continuidade da estrutura latifundiária no Brasil foi o não comprimento da Lei da Terra, de 1850, representando uma barreira à implementação do sistema de pequenas propriedades (UFMG, 2006). Na Europa ocorreu um processo inverso, em que as propriedades se aglomeraram para formar propriedades maiores (SERRA, 2003).

A partir de 1930, com o início da industrialização, a economia e a política se voltaram para o setor industrial, somados ao crescimento do setor de serviços, a partir dos anos 40, e ao aumento da demanda por parte da população, que migrou para os centros urbanos, passando a ser consumidores. Isso tudo expôs a barreira da baixa tecnologia da época (NOGUEIRA, 2001). Esses fatos contribuíram para o início da mecanização da agricultura brasileira. No entanto, a consolidação da modernização agrícola brasileira ocorreu na década de sessenta, com a instalação de indústrias de máquinas e implementos agrícolas. Apesar disso, a modernização não ocorreu de maneira uniforme, apresentando graus distintos de desenvolvimento entre as regiões e entre os tipos de produtores (CIPRANDI *et al*., 1993 *apud* KAGEYAMA, 2003).

No que se refere ao cultivo de cana-de-açúcar no Brasil, atualmente, quase 75% das unidades produtoras de cana-de-açúcar são grandes propriedades. Porém, no centro-sul do país há cerca de 60.000 pequenos produtores unidos em sistema de cooperativa e que apresentam alto poder de negociação (GOLDEMBERG *et al.*, 2008a).

A seguir são discutidas as relações existentes entre os trabalhadores rurais e a produção de biocombustíveis nos países selecionados.

4.2 Correlação entre trabalhador rural e os biocombustíveis

4.2.1 Alemanha

A biomassa é responsável por 34% (95.800) de todos os postos de trabalho na área de energias renováveis na Alemanha. Neste país, empregavam-se nessa atividade 56.800 trabalhadores, em 2004, número que aumentou para 95.800, em 2008 (BMU, 2009b). Como já mencionado, a Alemanha apresenta uma agricultura tradicionalmente gerenciada por famílias que, nos últimos anos, conciliam a atividade agrícola com outra atividade remunerada, o que contribuiu para o aparecimento de empregos agrícolas sazonais.

O trabalho sazonal na agricultura alemã é permitido e controlado pelo governo. Os agricultores alemães podem empregar mão-de-obra estrangeira em caráter sazonal para o período da safra, trabalhando sob as regras trabalhistas da União Européia (HOLST *et al.*, 2008). Porém, uma legislação recente pretende que essas vagas de emprego sejam preenchidas, em primeira opção, pelo contingente de desempregados do país, 7,2 %, em 2008 (DESTATIS, 2008). Para tal, a legislação limita as permissões de trabalho sazonal (discutida no item 4.3.1), diminuindo o número de trabalhadores provenientes do Leste e Centro europeus, a serem substituídos por mão-de-obra local (HOLST *et al.*, 2008).

No final de 2008, o relatório anual sobre a agricultura alemã apontou duas barreiras para que esta legislação se concretizasse: a concentração da mão-de-obra desempregada não se localiza nas mesmas áreas de produção agrícola e a austera seguridade social alemã não apóia trabalho temporário com baixa remuneração. Uma vez que a necessidade de mão-de-obra não diminuiu, esta situação pode estimular o trabalho informal com trabalhadores de outros países ou mecanizar ainda mais a agricultura (HOLST *et al*, 2008).

De acordo com estatísticas do governo alemão (DESTATIS, 2009) demonstradas na Tabela 13, em 2006, havia pouca diferença entre o valor da hora trabalhada do trabalhador rural alemão qualificado e do não qualificado. Verifica-se ainda, a remuneração pela hora trabalhada do trabalhador rural alemão não qualificado era maior do que a do especializado (15,6% em 2006). Também, os homens recebiam mais pela hora trabalhada na atividade agrícola alemã do que as mulheres (8,4%, em 2006).

O trabalhador rural alemão qualificado recebia, em 2007, o mínimo de € 9,34 por hora, e o trabalhador rural não qualificado (plantação) € 10,71 (US$ 14,6)[38] por hora, para uma jornada semanal de trabalho de 40 e 39 horas, respectivamente (ILO, 2007).

---

38 Valor da conversão de euro para dólar em 2007: 1,3686. Disponível em: www.bcb.gov.br

Tabela 13 - Trabalhador rural alemão

Tipo de trabalhador	Valor da hora trabalhada em euros				
	2002	2003	2004	2005	2006
Trabalhadores especializados	7,50	7,37	7,56	7,55	7,88
Homens	7,67	7,51	7,71	7,72	8,06
Mulheres	6,98	6,90	7,07	7,04	7,38
Trabalhadores rurais com qualificação	7,34	7,20	7,57	7,51	**7,81**
Homens	7,35	7,20	7,57	7,51	7,81
Mulheres	7,14	7,30	7,52	7,56	8,33
Trabalhadores rurais sem qualificação	7,86	7,64	7,80	8,21	**9,34**
Homens	7,80	7,71	7,82	8,25	9,62
Mulheres	8,11	7,46	7,70	8,06	8,29
Geral	7,49	7,35	7,57	7,56	7,94
Homens	7,62	7,46	7,69	7,69	8,10
Mulheres	7,02	6,94	7,10	7,08	7,42

Fonte: DESTATIS, 2009

Nota-se que, tal como no Brasil, na Alemanha existe a figura do trabalhador rural temporário, inclusive na cultura da beterraba, matéria-prima para o etanol; a cultura da colza que é matéria-prima para o biodiesel, por ser mais mecanizada, os trabalhadores são efetivados (UFOP, 2009[39]). Desde 2003, com a reforma da legislação que regula o trabalho temporário *The Act on Temporary Employment Businesses*, este ganhou mais atenção. De acordo com o Departamento de Estatísticas do governo alemão (DESTATIS, 2006), em 2006, 1,6% da população empregada ocupava trabalhos temporários. Os trabalhadores temporários eram predominantemente homens, a faixa etária predominante era de 30 a 45 anos (43%), já a faixa etária de 15 a 30 anos representou 31% dos trabalhadores temporários. Quanto ao grau de qualificação, 80% possuíam estudo equivalente ao secundário ou intermediário. Apenas 3% não possuíam nenhum certificado escolar. Um dado interessante deste micro censo, em que a pesquisa de dados é realizada em intervalos mais curtos do que os censos nacionais, é que a maioria dos temporários trabalhava no setor secundário ou terciário e, raramente, encontrados no setor primário, a agricultura. Esses dados indicam que, para a agricultura, os trabalhadores temporários provêm de outros países.

Há acordos trabalhistas entre a Alemanha e vários países do Leste Europeu relativos a benefícios sociais, entre eles a Polônia, a Hungria, a Bulgária e a Croácia, sendo que a

39 UFOP, União dos Produtores de Óleo e Proteínas da Alemanha, (*Union zur Foerderung von oel-und Protin Aftozen EU*), 2009. Comunicação pessoal [Realizada em setembro de 2009].

maioria dos acordos ocorreu no final da década de noventa (ILO, 2007). Para os trabalhadores de origem polonesa há obrigação de pagar 40% do salário como contribuição para seguridade social do trabalhador na Polônia (AI/EU, 2007). Porém, há dificuldade de transferência dos benefícios sociais para o país de origem, que se tornou um outro gargalo que o governo alemão pretende diminuir com a reforma da lei trabalhista.

A Tabela 14 exibe a participação das horas trabalhadas por mão-de-obra sazonal na agricultura alemã, correspondendo a 8% do total, no ano de 2005. A participação é medida por *Annual Work Unit* (AWU) definida como a unidade de trabalho anual. Esta correspondente ao volume de trabalho executado por um trabalhador em período integral, na agricultura, no período de um ano. Assim, o total de horas trabalhadas em um ano é de 1800 horas (jornada diária de 8 horas por 225 dias de trabalhado do calendário alemão).

Tabela 14 - Força de trabalho na agricultura alemã

Total (2005)	**Membros família**	**Não familiares (trabalhadores regulares)**	**Irregulares (sazonais)**
1000 AWU	1000 AWU	1000 AWU	1000 AWU
634,7	441,4	141	**52,3**

Fonte: EUROSTAT, 2008

O estatuto do trabalhador temporário (1991) regulamentou o trabalho temporário para imigrantes, inclusive para o setor agrícola. A maioria dos trabalhadores temporários imigrantes são provenientes do Leste Europeu, sendo que a hora trabalhada era cerca de € 5, em 2005 (PP, 2005), correspondendo a 60% do valor da hora trabalhada do trabalhador rural não qualificado alemão.

4.2.2 Estados Unidos

Nos Estados Unidos, assim como na Alemanha e no Brasil, existe o trabalho sazonal, uma vez que, a mecanização permitiu a concentração do trabalho agrícola em certos períodos do ano. Deste modo, o trabalho temporário é encontrado em algumas culturas agrícolas, inclusive na cultura do milho, matéria-prima para a produção do etanol americano, e da soja, que pode ser utilizada como matéria-prima para o biodiesel, porém a soja por ser altamente mecanizada emprega menor número de trabalhadores e mais especializados.

Conforme o relatório de estatística do trabalho do Departamento de Agricultura norte-americano, a classificação da cultura de campo envolve propriedades que produzem arroz, milho, soja, algodão, fumo, trigo e outros tipos de culturas de campo. Essa classificação também define a categoria de trabalhadores temporários, podendo ser qualquer pessoa contratada para trabalhar por, pelo menos, uma hora numa propriedade agrícola.

Há uma subdivisão dependendo do tipo de atividade exercida pelos trabalhadores de campo (*fieldworkers*), que podem estar envolvidos na semeadura, colheita ou até mesmo na operação de máquinas agrícolas em uma cultura de campo (USALSF, 2008).

De acordo com a pesquisa sobre os trabalhadores agrícolas americanos (USDL, 2007), os trabalhadores temporários de cultura de campo, em que estão incluídas as culturas do milho e da soja, são, geralmente, jovens, de outra nacionalidade (na sua maioria, de origem hispânica), recebem salários mais baixos do que a maioria dos trabalhadores e enfrentam duras condições de trabalho.

Atualmente, apenas 1,9% da força de trabalho norte-americana está empregada no campo. O declínio da população rural teve como conseqüência a contratação de trabalhadores, principalmente para a época da colheita, expondo uma tendência da agricultura norte-americana de contratar trabalhadores de outros países. Mais da metade dos trabalhadores sazonais da agricultura norte-americana não tem permissão legal para trabalhar, o que instiga o problema da política de imigração (ERS/USDA, 2008). A Figura 22 mostra a evolução do trabalhador temporário na agricultura e a tendência de contar com trabalhadores fora da condição legal de trabalho estipulada no país.

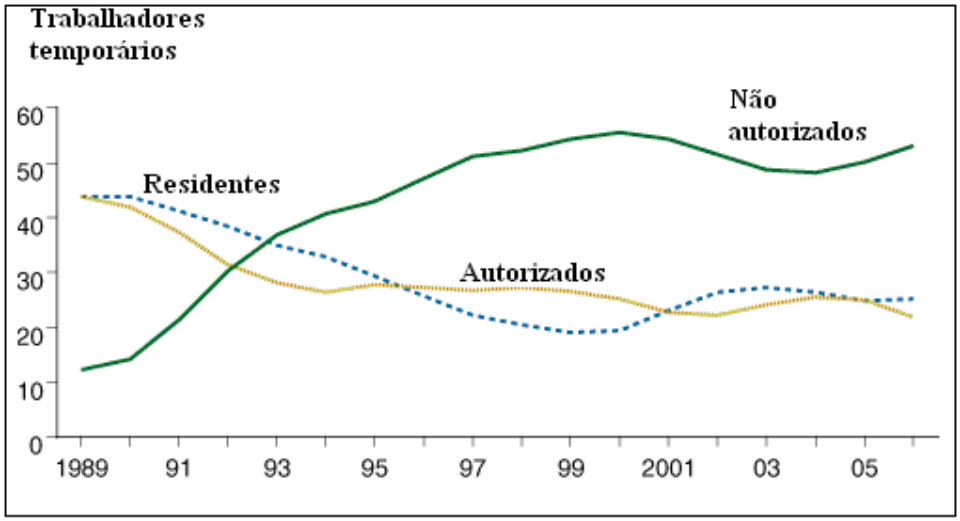


Figura 22 - Trabalhadores temporários norte-americanos
Fonte: USDA, 2006

Quanto às condições de trabalho do trabalhador temporário, o trabalho em atividade agrícola nos Estados Unidos está entre as ocupações que mais afetam a saúde do trabalhador, com relatos de doenças que não ocorrem em outras ocupações, tais como exposição a pesticidas e exaustão por calor e insolação (ERS/USDA, 2008). O salário do trabalhador temporário americano apresenta similaridade com o temporário brasileiro, por ser menor do que o das outras ocupações, quando comparado a profissões com o mesmo nível de exigência de qualificação. Em média, eles recebem pela jornada de trabalho semanal salários que equivalem a 59% da média salarial da categoria. Para exemplificar, em 2006, o trabalhador imigrante recebia US$ 7,52 por hora, enquanto a hora do trabalhador rural desta categoria estava fixada em US$ 8,53 (ERS/USDA, 2008). Em 2008, a média anual dos trabalhadores temporários na agricultura norte-americana foi de US$ 10,59 por hora, que ficou acima da média de 2007, de US$ 10,23 (USALSF, 2008). Além disso, são empregos de pouca estabilidade. A Tabela 15 caracteriza o perfil do trabalhador temporário agrícola e compara a diferença de salários entre trabalhador rural temporário cidadão e não cidadão (imigrante). Os dados indicam que, o trabalhador temporário imigrante na agricultura norte-americana recebe remuneração menor, a maioria possui origem hispânica e baixo grau de escolaridade.

Tabela 15 - Perfil do trabalhador agrícola americano

	Trabalhadores temporários agricultura		**Outros trabalhadores assalariados**	
	Não cidadão	**Cidadão**	**Não cidadão**	**Cidadão**
Homens (%)	82,7	79,9	63,6	50,7
Etnia hispânica (%)	94,6	12	61,8	9,1
Menos de nove anos de escolaridade (%)	63,4	9,9	22,2	1,4
Nascidos no México (%)	90,3	5,3	41,2	1,2
Média de ganhos semanal (*dólar*)	340	470	480	700
Média hora trabalhada (*dólar*)	**7,5**	**10**	10	13
Média duração desemprego (*mês*)	8	4	7	8
Número de trabalhadores	284.315	472.470	12.082.393	116.455.584

Fonte: ERS/USDA, 2008

Nota: Elaborado pela USDA, Serviço de Pesquisa Econômico que utilizou a média de dados da Pesquisa Salários da População dos 12 meses de 2006. A categoria de estrangeiro incluiu os trabalhadores autorizados e sem autorização.

4.2.3 Brasil

O cultivo de cana-de-açúcar no Brasil segue o mesmo modelo da agricultura tradicional brasileira, o que significa que é amparada por mão-de-obra intensiva. Sendo também relacionada à condição do trabalhador volante (chamado de “bóia-fria”), que é empregado durante a colheita e dispensado ao término da safra, caracterizando a sazonalidade do emprego. Dessa maneira, a situação do trabalhador rural temporário brasileiro é atrelada aos biocombustíveis, na medida em que as culturas destinadas aos biocombustíveis utilizam este tipo de mão-de-obra. A literatura relata que o trabalho temporário é oriundo de fatores sociais, econômicos e tecnológicos (discutido a seguir no item 4.2.4).

Nesta perspectiva, é importante destacar o cenário da época em que os biocombustíveis foram implementados no Brasil.

No âmbito internacional, destacava-se o choque do petróleo, causado pelos países membros da OPEP, que elevaram o preço do petróleo. O indicador macroeconômico apresentava um PIB positivo em torno de 11% nos cinco primeiros anos da década de setenta (IPEADATA, 2009). O processo de mecanização da agricultura responsável pela supressão da quantidade de empregos rurais, seja por substituição homem-máquina ou por deslocamento do pequeno agricultor sem condição de competir no mercado, já havia começado nos anos trinta. Também nos anos trinta, iniciou-se o processo de industrialização que aumentou a possibilidade de trabalho nos centros urbanos. As leis trabalhistas relacionadas ao trabalhador rural estavam em vigor, desde 1963, e já havia ocorrido a política de modernização agrícola dos anos sessenta, que não favorecia os pequenos produtores.

Em meados da década de setenta, com o aumento do preço do petróleo houve o lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), incentivando o aumento do cultivo da cana-de-açúcar, por meio de subsídios, o que resultando na maior expansão dessa cultura.

No que se refere ao critério de distribuição da população brasileira em urbana ou rural, consta que esta era predominantemente rural até os primeiros anos do processo de industrialização. Em 1940, a população brasileira era de 41 milhões, dos quais 69% concentravam-se em áreas rurais. O processo de urbanização foi acelerado pela industrialização e está diretamente relacionado à falta de investimento nas áreas rurais (GOLDEMBERG *et al.*, 2006). Até os anos sessenta, o perfil da população brasileira era rural. Entretanto, nos anos que seguiram até os dias atuais, a maioria da população brasileira vive em áreas urbanas.

Em 2004, o total dos trabalhadores da lavoura de cana-de-açúcar brasileira era de 493.162, sendo 241.682 dos trabalhadores temporários, e 251.480, trabalhadores permanentes (BASALDI, 2007). A característica fundamental do trabalhador temporário é a sazonalidade que, no ano de 2007, no setor agrícola, ficou em 2,83, sendo a segunda maior sazonalidade, atrás da construção civil, que teve um índice de sazonalidade de 5,35 (IBGE, 2009). Uma pesquisa de campo conduzida por Moraes e Figueiredo (2008) relata a migração espontânea de trabalhadores de outras regiões para São Paulo para trabalhar como cortador de cana temporário. O estudo apurou que dentre os trabalhadores do universo da pesquisa, a maioria tinha menos de 30 anos e baixo grau de escolaridade, sendo o principal motivo da migração a falta de emprego na cidade de proveniência.

A faixa salarial dos trabalhadores rurais é diferenciada, dependendo do tipo de cultura e da região do país. No caso dos trabalhadores agrícolas da cana-de-açúcar, estes recebem melhores salários, se comparados aos da cultura do café, entretanto menores do que os salários dos trabalhadores rurais da cultura da soja, que é altamente mecanizada e requer trabalhadores mais especializados (GOLDEMBERG *et al*., 2008b).

Com relação aos indicadores sociais da população brasileira, em geral, a comparação dos dois últimos censos demográficos brasileiros mostra que os indicadores, índice de desenvolvimento humano e esperança de vida, apresentaram avanços (Tabela 16).

Tabela 16 - Indicadores sociais brasileiros

Ano / Indicador social	1991	2000
População total (nº. de pessoas)	146.825.475	169.799.170
População rural (nº. de pessoas)	35.834.485	31.845.211
Renda per Capita (R$ de 2000)	230,30	297,23
IDH	0,696	**0,766**
Taxa de alfabetização* (%)	75	82
Esperança de vida ao nascer (anos)	64,73	**68,61**

Fonte: IPEADATA, 1991 e 2000, * IBGE, 2000

No que diz respeito à população rural brasileira, o Índice de Gini nos últimos cinco anos passou de 0,53 para 0,51, demonstrando que o nível de desigualdade rural melhorou pouco neste período (Tabela 17). Com relação ao índice de informalidade[40] rural, ainda é

40 Este índice é calculado do seguinte modo: (empregados sem carteira + trabalhadores por conta própria + não-remunerados) / (trabalhadores protegidos + empregados sem carteira + trabalhadores por conta própria + não-remunerados + empregadores). Elaboração: Disoc/IPEA.

bastante elevado e a definição utilizada pelo Ipeadata, baseada no IBGE, mostra que o universo dos dados contém muitas variáveis para a situação de emprego do trabalhador rural.

Tabela 17 - Desigualdade social

Brasil	2003	2004	2005	2006	2007
Trabalho informal	82,9	81,7	81,1	80,5	79,3
Índice Gini áreas rurais	**0,5307**	0,5166	0,5042	0,5003	**0,5120**

Fonte: IPEADATA, 2007a

Com o intuito de analisar a vertente social da produção da cana-de-açúcar, é necessário conhecer o perfil do trabalhador rural desta cultura.

De acordo com Goldemberg *et al.* (2008b), a predominância de baixa escolaridade é grande entre os trabalhadores cortadores de cana. Um exemplo disso está no fato de, no Estado de São Paulo, o menor grau de escolaridade estar na categoria dos cortadores de cana (Tabela 18), entre os quais 3,7% não freqüentaram escola.

Tabela 18 - Distribuição das ocupações por grau de instrução no setor sucroalcooleiro, Estado de São Paulo

Escolaridade (%)	Tratoristas e operadores de máquinas	Supervisores	Cortadores de cana	Outras ocupações agrícolas	Outras ocupações não agrícolas
Analfabeto	0,1	0,7	**3,7**	2,5	0,5
4ª Série Incompleta	8,5	16,3	**31,7**	34,0	7,2
4ª Série Completa	19,4	19,7	26,7	25,4	15,8
8ª Série Incompleta	22,1	19,6	20,2	14,7	16,4
8ª Série Completa	21,3	15,0	10,0	18,2	15,6
2º Grau Incompleto	8,1	5,0	3,3	2,2	7,9
2º Grau Completo	20,1	21,4	4,2	2,9	31,6
Superior Incompleto	0,3	0,6	0,1	0,1	1,8
Superior Completo	0,2	1,8	0,0	0,0	3,3

Fonte: GOLDEMBERG *et al*, 2008b

Segundo estudo de Moraes e Figueiredo (2008), o aumento da formalização do trabalho rural auxiliou na diminuição do trabalho infantil, na faixa etária de 10 a 15 anos de idade de 9%, em 1992, para 0,8%, (em 2005). Também relata que as condições de trabalho do cortador de cana são duras e, algumas vezes, as exigências legais que protegem o trabalhador

não são cumpridas. A Lei[41] Nº. 10.097 regulamenta faixa etária em que é permitido ao trabalhador ingressar no mercado de trabalho.

Atualmente, a legislação que regula o trabalhador rural foi revista pela Lei Nº. 11.775, de 2008, adicionando o artigo quatorze. Entre outras coisas, esta Lei trata do curto período de contratação, que deve ser menor do que dois meses durante o período de um ano, mediante documento de trabalho. A contratação só pode ser efetuada por pessoas físicas proprietárias ou não que explorem diretamente a atividade agronômica, evitando-se, assim, que haja intermediários participando do salário de trabalhadores temporários.

Com base no panorama da situação do trabalhador rural nos países selecionados, exposto acima, pode-se dizer que as características comuns entre o trabalhador temporário imigrante alemão, brasileiro e americano, estão a dificuldade em se encontrar dados, o baixo grau de escolaridade, a remuneração mais baixa quando comparada a outras funções que requerem o mesmo nível de qualificação, aceitam trabalhos mais árduos e são trabalhadores que deixaram a região de origem em busca de melhores oportunidades.

O Quadro 5 resume as principais características dos trabalhadores temporários imigrantes em cada país.

---

41 LEI Nº. 10.097, de 19 de dezembro de 2000, os artigos 402, 403 dispõem sobre a faixa etária e as condições de trabalho e 428 que dispõe sobre o contrato de aprendizado. Artigo 402 “Considera-se menor para os efeitos desta Consolidação o trabalhador de quatorze até dezoito anos.", Artigo 403 “É proibido qualquer trabalho a menores de dezesseis anos de idade, salvo na condição de aprendiz, a partir dos quatorze anos”. Parágrafo único. “O trabalho do menor não poderá ser realizado em locais prejudiciais à sua formação, ao seu desenvolvimento físico, psíquico, moral e social e em horários e locais que não permitam a freqüência à escola.", Artigo 428 “Contrato de aprendizagem é o contrato de trabalho especial, ajustado por escrito e por prazo determinado, em que o empregador se compromete a assegurar ao maior de quatorze e menor de dezoito anos, inscrito em programa de aprendizagem, formação técnico-profissional metódica, compatível com o seu desenvolvimento físico, moral e psicológico, e o aprendiz, a executar, com zelo e diligência, as tarefas necessárias a essa formação." Disponível em: http://www.fazenda.sp.gov.br/legislacao/codec/docs/leifed10-097_2000.pdf

Quadro 5 - Características do trabalhador temporário

	Brasil	EUA	Alemanha
Origem	De outras regiões, outras culturas agrícolas, desempregados urbanos, no mesmo país.	Maioria de origem hispânica, América Central.	De outros países do Leste e Centro Europeu.
Escolaridade/ qualificação	Baixa ex: em São Paulo, 3,7% cortadores cana nunca estudaram.	63% menos de nove anos de estudo.	Trabalhares temporários alemães possuem, na sua maioria, grau médio de estudo, porém apenas 1% está alocado no setor agrícola. A maioria dos trabalhadores temporários de outras nacionalidades não possui qualificação.
Salários	Cortador de cana 86% do salário os trabalhadores rurais em geral, inferior ao do trabalhador da soja, que é mecanizada.	Corresponde a 59% da média salarial da categoria.	Corresponde a 60% da hora trabalhada do trabalhador rural alemão não qualificado.
Outros	Trabalhadores agrícolas têm dificuldade em encontrar emprego migrando entre regiões.	Nos Estados Unidos, a maioria dos trabalhadores agrícolas temporários não tem permissão de trabalho.	Na Alemanha, há dificuldades de repasse dos benefícios sociais para o país de origem.
	O Estado de São Paulo apresenta legislação que inclui a requalificação de trabalhadores rurais deslocados pela mecanização da colheita da cana-de-açúcar.	A legislação, após a *Special Agricultural Workers*, começou a penalizar empregadores que contratam trabalhadores não autorizados.	A legislação recente alemã prioriza alocar os 7,2% da população alemã que está desempregada por longo período.

4.2.4 Possíveis causas do surgimento do trabalho sazonal na agricultura

Alguns autores argumentam que o êxodo rural e o aumento da demanda por produtos agrícolas foi o que estimulou a mecanização da agricultura (SANTOS, 1988 a*pud* NOGUEIRA, 2001). Por outro lado, a elevação do grau de mecanização da agricultura pode deslocar postos de trabalho de uma parcela da sociedade que não está qualificada para ser absorvida em outras funções no mercado de trabalho.

Os dados dos censos agropecuários do IBGE de 1920 a 2006, ilustrados na Figura 23, revelam que a taxa de crescimento de mão-de-obra da agricultura brasileira teve o maior incremento até o início da década de quarenta, o que corresponde ao período em que a industrialização estava no estágio inicial. Após esse período, a curva de empregados em

estabelecimentos agropecuários mantém-se crescente, porém com taxas menores até 1985. A partir desse ponto, há início do declínio no número de trabalhadores no campo e a curva de empregados apresenta-se descendente. Comparando-se a curva do número de empregados com a curva do número de tratores, que está relacionada com o grau de mecanização no campo, a mecanização é ascendente, apresentando diminuição na taxa de crescimento no período de 1980 a 1985, que corresponde à época de profunda recessão econômica brasileira. Neste mesmo período, observou-se que o número de trabalhadores no campo apresentou um aumento, que pode ser relacionado à desaceleração do fluxo de migração rural-urbano devido à recessão econômica. Constata-se também que o número de tratores praticamente triplicou, no período de 1970 a 2006.

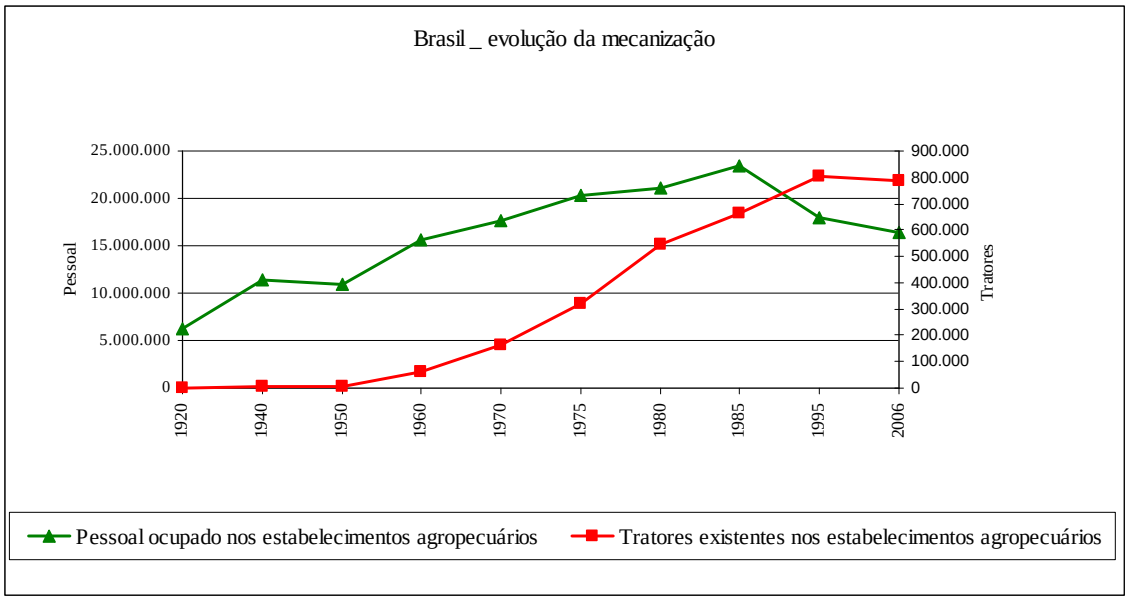


Figura 23 - Confronto do número de trabalhadores rurais e número de tratores
Fonte: IBGE, 2006a
Nota: Como trabalhador rural foi considerado todo pessoal empregado no estabelecimento que inclui os com laços de parentesco e os sem laços de parentesco com o produtor.

Conforme Ribeiro *et al.* (2002), a política de modernização agrícola, iniciada anos sessenta, não era favorável aos pequenos produtores que, com dificuldade de acesso ao crédito, migravam para os centros urbanos. A nova realidade no campo, resultante dos avanços tecnológicos, estava além do preparo do trabalhador rural tradicional, o que o conduziu à sazonalidade do trabalho não especializado.

Para Aguirre (1989), o surgimento do trabalhador volante ("bóia-fria") configurou uma tendência do mercado de trabalho do setor agrícola. Um marco nas relações de trabalho que influenciou a aumento da mecanização paradoxalmente foi o Estatuto do Trabalhador

Rural, de 1963, disposto na Lei Nº. 4.214, revogado pela Lei Nº. 5.889, de 1973, que, estendendo para os trabalhadores rurais os mesmos direitos dos urbanos, é apontado como um dos fatores de aceleração do processo de mecanização (FREITAS, 2008; MORAES, 2007). Isto, naturalmente, acarreta na diminuição de postos de empregos rurais.

Nesse cenário, está a origem do trabalhador volante ("bóia-fria"), que é resultado do processo de desenvolvimento agrícola brasileiro de um modo geral e que é empregado sazonalmente na cultura da cana-de-açúcar assim como em outras culturas agrícolas. O trabalhador rural não estava qualificado para trabalhar nem nos centros urbanos nem no campo, devido às inovações tecnológicas e por causa do baixo nível de instrução. A falta de adequação à nova realidade depreciou as relações de trabalho, afetando o trabalho assalariado com o aumento do número de assalariados sem registro e em condições de trabalho inadequadas (CAMARGO, 2007).

O Programa do Álcool Brasileiro (1975) incentivou a expansão da cultura da cana-de-açúcar. Essa expansão aumentou o grau de mecanização da fase de cultivo, com possibilidade de deslocamento de trabalhadores rurais, entretanto a fase da colheita continuou a ser manual, o que demanda um grande número de trabalhadores para a época da colheita.

A título de comparação, os dados dos censos agropecuário e demográfico informam que, em 1970, a população brasileira era de 93.139.037, sendo que somente 0,65% trabalhava na cultura da cana-de-açúcar. Por outro lado, 1,31% da população trabalhava na cultura do café, que, historicamente, é uma das grandes *commodities* brasileira e cuja produção só foi superada pelo açúcar no século XXI. Isso demonstra que, em termos de utilização de mão-de-obra, a cana-de-açúcar não é a única lavoura brasileira que utiliza mão-de-obra intensiva.

Ainda com relação ao desenvolvimento dos acontecimentos que levaram a situação atual do trabalhador rural temporário, os anos oitenta foram marcados pela recessão econômica mundial, pelo baixo crescimento econômico e pela ajuda externa do Fundo Monetário Internacional. Conhecida como década perdida, corresponde ao período em que os EUA, lutando contra a própria inflação, aumentaram as taxas de juros para 20%, o que refletiu nos empréstimos dos países da América Latina, principalmente no Brasil (STIGLITZ, 2006). O cenário nacional caracterizou-se por uma política de diminuição dos créditos e subsídios rurais e por taxas de juros pouco atrativas. De acordo com Ciprandi *et al.* (1996), de 1980 a 1985, a recessão brasileira teve como conseqüência a diminuição do crédito rural e o aumento na taxa de desemprego, o que desacelerou o fluxo de migração rural-urbano e da modernização, diminuindo a força que estava deslocando os pequenos produtores rurais.

Delimita-se, assim, o desenvolvimento do contexto agrícola nacional que emprega o trabalhador volante ou “bóia-fria”.

Argumenta-se sobre a qualidade do trabalho oferecido e a sazonalidade desses postos de trabalho. Entretanto, o trabalho rural temporário é resultado das interações entre os fatores determinantes, que modificaram as relações de trabalho rural de um modo geral. É importante enfatizar que o processo de mecanização é uma tendência da agricultura mundial e não é um problema exclusivo da cultura da cana-de-açúcar.

Na verdade, a cana-de-açúcar absorveu mão-de-obra que foi dispensada de outras culturas, inclusive desempregados de outras regiões, que buscavam oportunidade de trabalho. Ademais, a cultura da cana-de-açúcar oferece empregos, ainda que sazonais, para uma parcela da população, devido ao baixo grau de qualificação, com poucas oportunidades em outros setores do mercado de trabalho.

Está em andamento um processo de mecanização da colheita da cultura da cana-de-açúcar apoiado por ações políticas, uma delas é a legislação no Estado de São Paulo para que a colheita seja mecanizada e inclui a requalificação profissional. Esta legislação será discutida detalhadamente, a seguir, no item 4.3.2.

Em 2005, em torno de 25% da cana do Estado de São Paulo era colhida sem queima (CENBIO, 2006). Segundo dados do Sindicato rural de Ribeirão Preto, na região de Ribeirão Preto, em 2009, cerca de 60% da colheita já está mecanizada (PALVIQUERI, 2009[42]).

Nesta perspectiva, a iniciativa de requalificação e treinamento dos trabalhadores rurais prevista na legislação que trata do fim da queimada e colheita manual está alinhada com o aumento do capital humano dos trabalhadores. Este conceito está relacionado ao aumento das habilidades do ser humano por meio da educção, beneficiando a sociedade como um todo. Para Amartya Sen (BANCO MUNDIAL, 2000), sociedades fortes estão relacionadas ao nível educacional de sua população, uma vez que cultura é uma maneira de desenvolvimento.

O Fluxograma, a seguir (Figura 24), ilustra a evolução do trabalho rural com suas possíveis causas, discutidas neste estudo, modificando das relações de trabalho e culminando no aparecimento do trabalhador rural temporário.

42 PALVIQUERE, S. D., 2009. Sindicato Rural de Ribeirão Preto. Comunicação pessoal em julho de 2009.

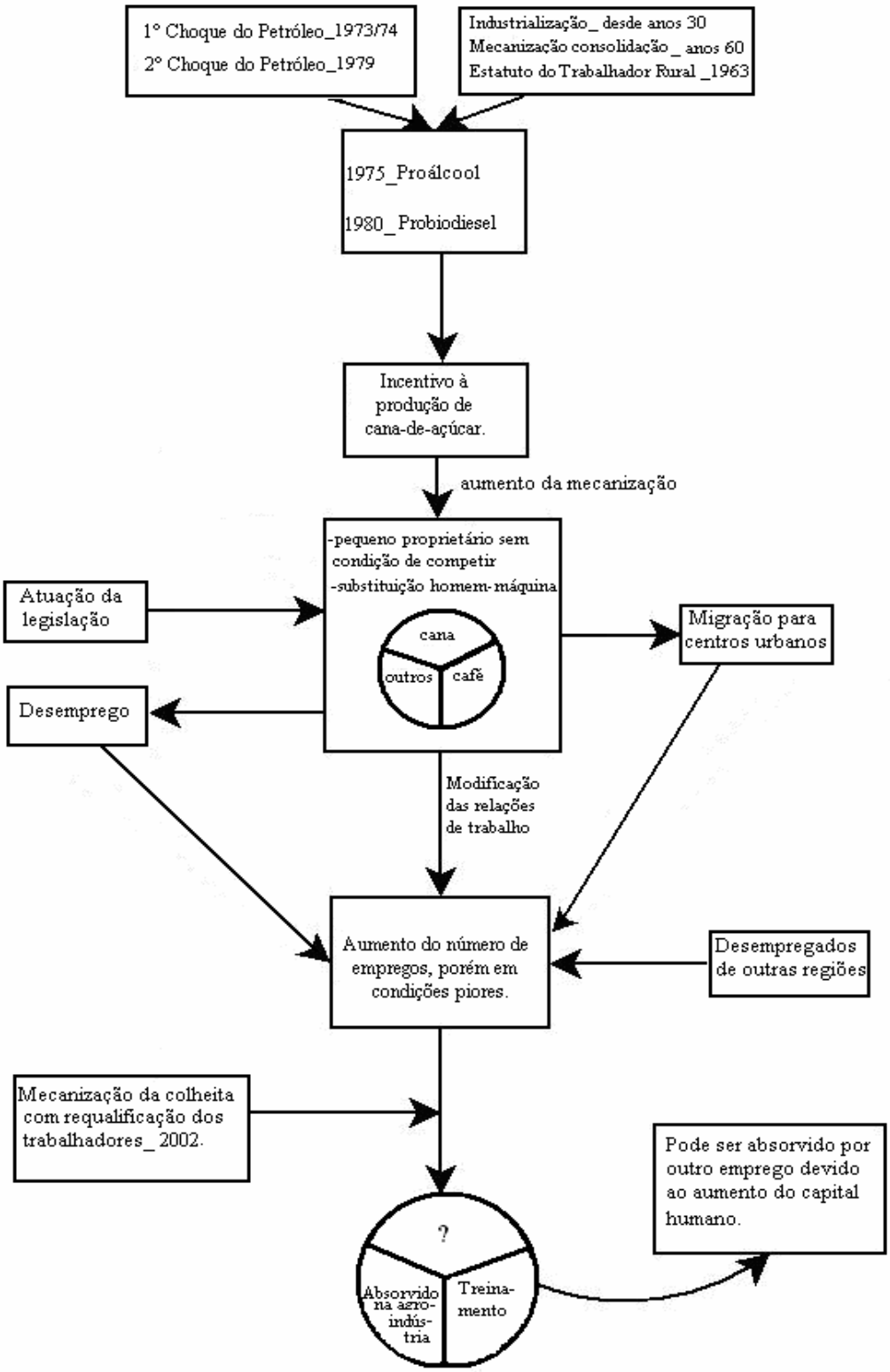


Figura 24 - Evolução do trabalho temporário agrícola no Brasil
Fonte: Elaboração própria

Isto posto, concluí-se que a mecanização da agricultura é um vetor de forte influência no número de postos de trabalho no setor agrícola. Deste modo, o fluxograma apresentado vai adiante, dividindo os trabalhadores que são empregados temporários no corte da cana em três grupos: os que serão absorvidos pela agroindústria, os que serão requalificados e absorvidos pelo mercado de trabalho e os que ficarão fora do mercado de trabalho. Segundo os dados da Unica (2008), com os esforços das empresas associadas, é possível requalificar 7.000 trabalhadores por ano.

4.3 Outras políticas

4.3.1 Alemanha

Com relação à imigração de trabalhadores, em 1993, a legislação impôs regras que restringiram a imigração e, em 2005, a lei de imigração foi reformulada. De acordo com as com as novas regras, a lei facilita a imigração para pessoas com alta qualificação, que não são naturais da União Européia. Quanto à imigração de pessoas com qualificação mediana, a imigração é permitida em caso de ter uma oferta de emprego que não pode ser preenchida por cidadãos europeus (EIU, 2008). Entretanto, no final de 2008, esta medida apresentou problemas pela falta de interesse do trabalhador alemão por trabalho temporário de baixa remuneração e pelo desencontro entre localização dos postos de trabalho e localização da mão-de-obra (HOLST *et al.*, 2008). Deste modo, o cenário para mão-de-obra na agricultura alemã apresenta entraves para manter a produção pela limitação por parte do governo da mão-de-obra estrangeira.

4.3.2 Brasil

Assim como nos Estados Unidos e na Alemanha algumas políticas direcionadas ao meio ambiente têm reflexo na produção e uso dos biocombustíveis no Brasil.

O Decreto Federal Nº. 2.661/98 prevê a eliminação da pratica da queima da palha de acordo com um cronograma em áreas com possibilidade de mecanização (UNICA, 2007).

A legislação ambiental recente do Estado de São Paulo, Lei Nº. 11.241, de 19 de setembro de 2002, instituiu o fim da queima pré-colheita, substituída por colheita da cana crua e mecanizada. Esta Lei dispõe sobre a eliminação paulatina da queimada pré-colheita, sendo

eliminada completamente nas áreas mecanizáveis até o ano de 2021 e nas áreas não-mecanizáveis até o ano de 2031.

Com o intuito de preparar o trabalhador do corte da cana para a nova realidade do mercado de trabalho, a legislação também prevê a requalificação profissional dos trabalhadores que podem ter seu emprego afetado pela legislação. O artigo 10, desta Lei no inciso I relata a criação de programas visando: "à requalificação profissional dos trabalhadores, desenvolvida de forma conjunta com os respectivos sindicatos das categorias envolvidas, em estreita parceria de metas e custos" (EMBRAPA, 2005, p.3).

Outro exemplo é o protocolo ambiental do Estado de Minas Gerais que também foi assinado levando em consideração essa tendência legislativa. O Protocolo Ambiental de Minas Gerais estabelece que, a partir de 2008, nas áreas com declividade inferior a 12%, as empresas agrícolas deverão ter mecanizado, no mínimo, 80% da colheita da cana, em 2009, e 100% até 2014. Para licenças anteriores a 2007, a mecanização tem prazo máximo até 2014, quando será proibida, mesmo sob forma controlada, a queima da cana-de-açúcar (SEAPA/MG, 2008).

Já existe esforço do setor por parte das empresas associadas à UNICA e da UDOP de projetos sociais de requalificação profissional (UNICA 2008; GOLDEMBERG *et al.*, 2008b).

Com relação às políticas de incentivo ao biodiesel, o biodiesel apresentou três marcos políticos. Na primeira fase, o governo brasileiro lançou o Programa de Óleos Vegetais (OVEG), em 1980, no qual foram realizados testes em ônibus e caminhões. Todavia, o custo do biodiesel não era competitivo quando comparado ao etanol. O biodiesel foi revigorado, em 2002, com o Probiodiesel, coordenado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, com o objetivo de substituir o volume de 12% de importação de petróleo destinado ao setor de transporte e a geração de energia elétrica para a região amazônica (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1985 *apud* GOLDEMBERG *et al.*, 2008b). O objetivo deste programa é a produção sustentável do biodiesel com ênfase na inclusão social por intermédio do selo social e no desenvolvimento regional, gerando emprego e renda.

Quanto ao selo social, este se caracteriza pela garantia de mercado para a produção da agricultura familiar. Estudos do Ministério do Desenvolvimento Agrícola (MDA) demonstram que há necessidade de inclusão social no Semi-Árido na região Norte do Brasil. Para exemplificar, no Semi-Árido a renda anual líquida de uma família, a partir do cultivo de cinco hectares com mamona apresentando uma produção média entre 700 e 1,2 mil quilos por hectare, pode variar entre R$ 2,5 mil e R$ 3,5 mil (MDA, 2009a).

O número de famílias contratadas para suprir a produção de biodiesel, na safra de 2007/2008, foi de 31 mil (MDA, 2009b). Entre as regiões do Brasil, o Sul e o Sudeste apresentam cerca de 80 mil agricultores familiares que produzem matéria-prima para biodiesel, e 2,7 mil, para as regiões Norte e Centro-Oeste (MDA, 2009a).

4.3.3 Estados Unidos

Com a pequena parcela da força de trabalho norte-americana, apenas 1,9%, ocupada em atividades agrícolas, as culturas de mão-de-obra intensiva ou mesmo as que necessitam de mão-de-obra para operar equipamentos agrícolas contratam trabalhadores temporários. No ano de 2000, o Estado de Iowa, conhecido pela grande produção de soja e milho, foi o que mais contratou trabalhadores temporários.

Acerca da política de imigração, até 2008, a última legislação relativa a trabalhadores agrícolas foi a *Immigration Reform and Control Act* (IRCA), de 1986, na qual está incluída a *Special Agricultural Workers* (SAW), para legalização de trabalhadores que podem provar que trabalhavam na agricultura antes de 1985. Esta legislação desencadeou políticas estaduais e municipais, penalizando empregadores que contratam trabalhadores ilegais, seja na agricultura, seja em outro setor. Aparentemente, existem mais trabalhadores ilegais no setor agrícola do que no setor industrial. O número estimado é de 500.000 trabalhadores sem autorização no setor agrícola (ERS/USDA, 2008).

A seguir serão discutidas as políticas mais relevantes de apoio à agricultura.

A primeira política norte-americana relacionada à agricultura de um modo geral foi implementada em 1933, *Agricultural Adjustment Act*, para recuperar a agricultura afetada pela Primeira Guerra Mundial e pela Depressão de 1929.

A abordagem do Governo Federal foi uma política de controle da oferta de produtos e preços específicos para *commodities*, que funcionava na época em que as propriedades agrícolas eram relativamente pequenas e diversificadas. Ao mesmo tempo em que começou uma política direcionada para o crescente mercado internacional. Em torno dos anos cinqüenta, houve debates sobre a manutenção ou não da política de apoio aos preços e controle da oferta, ou mesmo, se o governo não faria interferência alguma, nos preços agrícolas. Simultaneamente, começou uma política agrícola visando o crescente mercado internacional.

Em 1996, foi estabelecida a política de controle da oferta de produtos e de preços com pagamentos baseados no histórico da produção. Posteriormente, várias políticas de ajuste

para o setor da agricultura foram lançadas. Desde 2002, está em vigor o *Farm Security and Rural Investment Act*, que introduziu um mecanismo de pagamento para empréstimos quando os preços estão abaixo de certo limite determinado com base no histórico da produção.

Segundo a USDA, atualmente, menos de 25% das propriedades agrícolas recebem ajuda de programas, que são agrupados num número limitado de culturas agrícolas. A seguir (Quadro 6), são apresentadas algumas políticas que influenciaram o aumento da produção agrícola.

Quadro 6 - Marcos da política agrícola norte-americana.

1933 – *Agricultural Adjustment Act*: Primeira *Farm Bill* estabeleceu o novo acordo de preços específico para *commodities* e de apoio a programas de renda.
1954 – *Agricultural Act*: Introduziu programas de apoio de flexibilidade de preço para *commodities*.
1965 – *Food and Agricultural Act*: Introduziu nova ajuda de renda e pagamentos combinados, com redução de auxílio nos preços e continuou com controle da oferta.
1970 – *Agriculture Act*: Primeira vez que foi usado o termo Desenvolvimento Rural
1985 – *Food Security Act*: Incluiu programas de créditos para *commodities*. Quando introduzido, reduziu o confisco por permitir pagamentos dos empréstimos com menores taxas quando os preços do mercado diminuíam.
1996 – *Federal Agriculture Improvement and Reform Act:* Substituiu a política de controle da oferta de produtos e preços por pagamentos diretos baseados no histórico da produção. Permitiu quase total flexibilidade no plantio.
2002 – *Farm Security and Rural Investment Act*: Introduziu um mecanismo de pagamento para empréstimos quando os preços estão abaixo de um patamar baseado no histórico da produção. Introduziu pagamento por conservação do solo pelo do *Conservation Security Program*.

Fonte: ERS/USDA, 2005

Quanto a políticas direcionadas aos biocombustíveis, nota-se que a produção de milho norte-americana é crescente, de 1995 em diante (Figura 10). Isso se deve a duas legislações relacionadas aos biocombustíveis a *Favorable Internal Revenue Service Ruling*, relativa à substituição do MTBE por ETBE, concedendo créditos no imposto de renda para usinas de etanol, produzindo ETBE, e o *Renewable Oxygen Standard*, que beneficiou a indústria do milho-etanol, estipulando que 30% dos oxigenantes contidos em combustíveis fossem produzidos a partir de fontes renováveis.

Verifica-se que os três países apresentam características sociais e econômicas distintas, sendo que o quadro de políticas revela particularidades, principalmente, na área social, em que no Brasil busca-se atrelar biocombustíveis ao incremento do número de empregos, nos Estados Unidos e Alemanha procuram coibir a imigração para trabalho temporário.

A Tabela 19 resume as principais características da agricultura para biocombustíveis nos países estudados. Verifica-se que tanto na Alemanha como nos Estados Unidos as políticas de imigração podem afetar a disponibilidade de mão-de-obra representada pelos trabalhadores rurais temporários, pois a maioria da população esta envolvida em atividades de outros setores da economia.

Tabela 19 - Características gerais da agricultura direcionada para biocombustíveis

	Brasil	**EUA**	**Alemanha**
Força de trabalho agricultura/ total força trabalho [(a)]	**15%**	**1,9%**	**2%**
Produção etanol [(b)] (milhões de litros)2007	21.300	24.500	394
Produção biodiesel [(b)] (milhões de litros)2007	730	1.703	3.255
Matéria-prima etanol	cana-de-açúcar	milho	beterraba centeio
Matéria-prima biodiesel	85% soja	soja	canola e soja
Índice de Gini [(c)]	57	40,8	28,3
Participação Agricultura no PIB [(a)]	10,4%	1,2%	1,3%

Fonte: [(a)] FAO, 2004; [(b)] BANCO MUNDIAL, 2007a; [(c)] UNSTATS, 2008a

5 CENÁRIOS PARA BIOCOMBUSTÍVEIS

Vários estudos estimam a capacidade dos biocombustíveis de suprir a necessidade de combustíveis no futuro através de cenários.

De fato o consumo de combustíveis renováveis e resíduos, nos últimas décadas, passou de 3,0%, em 1973, para 4,1%, em 2007 nos países da OCDE[43] (IEA, 2009). A IEA também fez previsão de dois cenários, para o ano de 2030, referente à participação de outros tipos de energia, este grupo agrega os dados de biocombustíveis. No primeiro, foi considerado um cenário de referência baseado nas políticas atuais. A previsão neste cenário para contribuição de outros tipos de energia na oferta de energia primária mundial, seria de 11,8%. O segundo cenário considera uma política plausível pós 2012, em que as emissões dos gases do efeito estufa são mantidas no patamar de 450 ppm de CO2-equivalente. Neste cenário os outros tipos de energia passariam a contribuir com 19,5% da oferta de energia primária mundial (IEA, 2009).

Entretanto, no relatório recém publicado da SEFI/UNEP, 2009, os investimentos mundiais em energias renováveis, na categoria de biomassa, recuaram 2,5%, em 2008, quando comparados aos investimentos do ano de 2007. Este mesmo documento reporta que a maior parte da desaceleração nos investimentos ocorreu na Europa e na América do Norte, devido à crise econômica. Ao contrário do ocorrido nestas regiões, no Brasil os investimentos aumentaram em 76% com predominância de projetos baseados em etanol de cana-de-açúcar (SEFI/UNEP, 2009).

Ainda com relação ao panorama mundial, há preocupação com relação à área destinada à produção de biocombustíveis. Os países selecionados neste estudo apresentam programas de biocombustíveis e destinam parte das terras agriculturáveis para este fim. Para suprir demanda crescente os países precisam ter terras agriculturáveis disponíveis. Porém, em alguns casos, a área plantada já está próxima ao limite da fronteira agrícola. Frente a esta realidade, a disponibilidade de terras torna-se fator limitante para a expansão da produção de matérias-primas para biocombustíveis.

No que diz respeito à área plantada com culturas propícias para produção biocombustíveis, na safra brasileira de 2007/2008 foram plantados mais de 6,92 milhões de hectares de cana-de-açúcar (APTA, 2008). Para o biodiesel, a área de cultura da soja

---

[43] Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, conhecida pela sigla em inglês OECD.

destinada à produção de biodiesel, em 2007, ocupou aproximadamente 2 milhões de hectares, o que corresponde a 10% da área total plantada com soja no país (UNICA, 2008).

Nos Estados Unidos, a área plantada do milho para produção de etanol em 2008 foi de 6,6 milhões de hectares. A área plantada total com a cultura da soja foi de 30,40 milhões de hectares (USDA, 2008a).

Em função do rendimento de etanol por hectare ser mais baixo na cultura do milho do que na da cana-de-açúcar, a área plantada necessária para produzir uma mesma quantidade de etanol é maior para o milho.

A área total ocupada pelas culturas propícias para biocombustíveis na Alemanha, em 2007, abrangeu 1,12 milhão de hectares. Nessa área total, estão agregados os dados das áreas ocupadas pelas culturas de canola para a produção de biodiesel, de óleos vegetais, para serem utilizados diretamente como biocombustível, beterraba e cereais para produção de etanol (BMELV, 2007a).

Com relação ao limite de expansão em terras agriculturáveis, no Brasil, o total de terras utilizadas pela cultura da cana para produção de etanol alcançou aproximadamente 1%, em 2008. Considerando o quadro atual em que o total de terras aráveis brasileiras é 355 milhões de hectares, contrapostos ao total de terras agriculturáveis livres, 30%, e ao total de terras ocupadas por pastos, 49% (UNICA, 2008), o Brasil ainda tem capacidade de expandir as culturas agrícolas para produção de biocombustíveis, como já mencionado principalmente em antigas áreas de pastagens, cuja produtividade é baixa.

Na Alemanha, o limite à área agrícola disponível está estimado em 17 milhões de hectares (FAO, 2007), sendo que a área ocupada por culturas destinadas à produção de biocombustíveis era de 1,75 milhão de hectare em 2007 (BMELV, 2007a), como já mencionado a possibilidade é de expansão até o ano de 2020 é de 2,5 a 4 milhões de hectares no máximo por substituição de culturas (BMU, 2009a). Dessa maneira, não é possível atingir a auto-suficiência por meio da agricultura, a menos que plantas de alto conteúdo energético possam ser cultivadas por avanços na engenharia genética (DIE BUNDESREGIERUNG, 2008a), o que é relativamente polêmico.

No documento de revisão do etanol elaborado pelo Departamento de Energia americano (2008) foram expostos os gargalos para manter o ritmo da expansão na produção de etanol norte-americano, entre eles a pressão feita pela substituição mandatória do MTBE, que supostamente aumentou a demanda por etanol, o que obrigou os produtores a buscarem o mercado *spot*. Também se assinalou que o aumento de produção até o limite de 15 bilhões de galões por ano (56,7 bilhões de litros) provavelmente será alcançado no ano de 2015. Após

2015, o etanol americano encontrará o mesmo problema mencionado acima com relação ao biodiesel alemão, em que aumentos na produção apenas serão possíveis pelo desenvolvimento comercial de tecnologias avançadas para produção de biocombustíveis ou ganhos tecnológicos nas usinas, pela limitação da quantidade de terra.

5.1 Cenários para biocombustíveis no Brasil, Estados Unidos e Alemanha

A finalidade da construção dos cenários foi estimar a área necessária para que os países em questão alcancem metas semelhantes às estipuladas pela Diretiva Européia de 2003 (antes da revisão de 2009), 5,75% até 2010 e 20% até 2020, de adição de combustíveis alternativos ao combustível fóssil regular e avaliar se há possibilidade para suprir o excedente de demanda nos países em estudo.

5.1.1 Descrição dos Cenários

Para cada país foram construídos cenários utilizando percentagens de apenas um tipo de biocombustível de cada vez. Deste modo, para cada país foram construídos dois cenários; o primeiro em que as percentagens de substituição, 5,75% e 20%, foram calculadas para o etanol e zero de biodiesel; e o segundo com a substituição baseada em 5,75% e 20% de biodiesel e zero de etanol.

O consumo *per capita* de combustível foi baseado no *Biofuels for Transport* do Worldwatch Institute (2007) em que o consumo de combustível *per capita* de um ano é obtido pela divisão da quantidade de combustível fóssil consumido pela população de cada país.

O crescimento populacional de cada país foi obtido a partir da base de dados do Banco Mundial 2007, em que os seguintes índices foram encontrados; - 0,1% para Alemanha, 1,2% para o Brasil e 1% para os Estados Unidos. Assumindo o consumo por pessoa e a taxa de crescimento populacional constante, pode-se calcular a quantidade de combustível fóssil necessário, neste caso, a gasolina e o diesel. Utilizou-se metas semelhantes às estabelecidas pela Diretiva Européia de 2003, substituindo 5,75% até 2010 e 20% até 2020 do combustível fóssil regular por combustíveis alternativos (neste caso, etanol e biodiesel). Para o etanol no Brasil utilizou-se a percentagem de 25%, pois já se encontra neste patamar.

A partir dos dados de produtividade da matéria-prima por hectare foi possível determinar a área necessária. Com relação à produtividade, a canola apresenta uma produtividade de 1.200 litros de biodiesel por hectare na Alemanha e a beterraba para

produzir etanol apresenta uma produção de 5.500 litros por hectare. Um hectare de milho nos Estados Unidos produz 3.100 litros de etanol e a soja rende 500 litros por hectare de biodiesel. No Brasil cada hectare de cana-de-açúcar produz em média 6.800 de etanol[44] e cada hectare de soja 400 litros de biodiesel.

Assim, foi possível calcular a quantidade de biodiesel e etanol necessária para substituição de combustíveis fósseis, em cada país desse estudo, além da área necessária para produção. Os resultados estão apresentados nas Tabelas de 20 a 25.

44 Entretanto há regiões no estado de São Paulo onde cada hectare produz até 10.000 litros de etanol de cana-de-açúcar.

Tabela 20 - Cenário biodiesel Alemanha

Alemanha Substituição por Biodiesel							
Crescimento da população			Diesel necessário (bilhões de litros)	Percentagem de biodiesel	Diesel mineral (bilhões de litros)	Biodiesel (bilhões de litros)	Área plantada (milhões de ha)
Ano	Crescimento -0,1%	Total de pessoas					
2008	-	82350671	187,76	5,75%	176,96	10,8	9,00
2010	-82268	82186052	187,38	5,75%	176,61	10,77	8,98
2020	-81449	81367880	185,52	20,00%	148,42	37,1	30,92

Tabela 21 - Cenário etanol Alemanha

Alemanha Substituição por Etanol							
Crescimento da população			Gasolina necessária (bilhões de litros)	Percentagem de etanol	Gasolina (bilhões de litros)	Etanol (bilhões de litros)	Área plantada (milhões de ha)
Ano	Crescimento -0,1%	no de pessoas					
2008	-	82350671	100,47	5,75%	94,69	5,78	1,05
2010	-82268	82186052	100,27	5,75%	94,50	5,77	1,05
2020	-81449	81367880	99,27	20,00%	79,42	19,85	3,61

Tabela 22 - Cenário biodiesel Estados Unidos

Estados Unidos Substituição por Biodiesel							
Crescimento da população			Diesel necessário (bilhões de litros)	Percentagem de biodiesel	Diesel mineral (bilhões de litros)	Biodiesel (bilhões de litros)	Área plantada (milhões de ha)
Ano	Crescimento 1%	no de pessoas					
2008	-	287675526	601,24	5,75%	566,67	34,57	69,14
2010	2905523	293457804	613,33	5,75%	578,06	35,27	70,53
2020	3209505	324159983	677,49	20,00%	542,00	135,50	271,00

Tabela 23 - Cenário etanol Estados Unidos

Estados Unidos Substituição por Etanol							
Crescimento da população			Gasolina necessária (bilhões de litros)	Percentagem de etanol	Gasolina (bilhões de litros)	Etanol (bilhões de litros)	Área plantada (milhões de ha)
Ano	Crescimento 1%	no de pessoas					
2008	-	287675526	1406,73	5,75%	1325,85	80,89	26,09
2010	2905523	293457804	1435,01	5,75%	1352,50	82,51	26,62
2020	3209505	324159983	1585,14	20,00%	1268,11	317,03	102,27

Tabela 24 - Cenário biodiesel Brasil

Brasil Substituição por Biodiesel							
Crescimento da população			Diesel necessário (bilhões de litros)	Percentagem de biodiesel	Diesel mineral (bilhões de litros)	Biodiesel (bilhões de litros)	Área plantada (milhões de ha)
Ano	Crescimento 1,2%	no de pessoas					
2008	-	194228000	114.59	5,75%	108,01	6,59	16,47
2010	2358705	198917441	117,36	5,75%	110,61	6,75	16,87
2020	2657533	224118645	132,23	20,00%	105,78	26,45	66,12

Tabela 25 - Cenário etanol Brasil

Brasil Substituição por Etanol							
Crescimento da população			Gasolina necessária (bilhões de litros)	Percentagem de etanol	Gasolina (bilhões de litros)	Etanol (bilhões de litros)	Área plantada (milhões de ha)
Ano	Crescimento 1,2%	no de pessoas					
2008	-	194228000	48,56	25%	36,42	12,14	1,79
2010	2358705	198917441	49,73	25%	37,30	12,43	1,83
2020	2657533	224118645	56,03	25%	42,02	14,01	2,06

5.1.2 Resultados e discussão

Observou-se que, se forem mantidos os padrões de crescimento da população e o mesmo padrão de consumo de combustíveis, nos cenários para substituição gasolina por etanol a quantidade de terra necessária é menor do que aquelas necessárias para a substituição de biodiesel em todos os países pesquisados. Isto ocorre pela maior produtividade da biomassa baseada na sacarose em relação àquelas que produzem óleos vegetais comparadas neste estudo.

Para o Brasil, que a disponibilidade de terras em 2007 era de 263 milhões de hectares, segundo os dados da FAO (2007), a meta foi mais alta, de 25%. Uma vez que, a percentagem de etanol na mistura já se encontra neste patamar. Os resultados indicam que este país teria terras agriculturáveis suficiente para substituição por etanol tanto para a meta de 2010 quanto para a meta de 2020.

Na Alemanha, o total de terras agriculturáveis estava em quase 17 milhões de hectares, em 2007 (FAO, 2007), teria condição cumprir a meta de substituição de etanol em 2010, mas para cumprir a meta de 20%, em 2020, utilizaria 21% do total das terras agriculturáveis. Para o biodiesel, a substituição de 5,75% em cerca de 9 milhões de hectares ocuparia mais da metade do total das terras agriculturáveis alemãs.

Os Estados Unidos tem condições de cumprir a meta de 5,75% de etanol em 2010, porém para a meta de 2020 teria de utilizar um quarto da área agriculturável, 411 milhões de hectares (FAO, 2007).

Quanto ao biodiesel, a meta de substituição de 5,75% nos Estados Unidos e no Brasil seria factível utilizando em torno de 6% das terras agriculturáveis nos dois países. Para o cenário de 2020, nos Estados Unidos a substituição de 20% ocuparia praticamente 65% dos 411 milhões de hectares das terras agriculturáveis estipuladas pela FAO, em 2007. Para o Brasil a substituição de 20% ocuparia cerca de 25% das terras agriculturáveis estipuladas pela FAO, em 2007.

5.2 Outros países potencialmente candidatos à produção de biocombustíveis

A fim de pesquisar as áreas disponíveis de terra agriculturável para complementar a demanda calculada, os resultados dos cenários foram confrontados com dados de um estudo que utilizou a ferramenta desenvolvida pela da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) em colaboração com o Instituto Internacional para Análise de Sistemas (IIASA) denominado *Global Agro-Ecological Zones* (GAEZ). Através desta ferramenta este estudo avalia a quantidade de terra ainda disponível no mundo para expansão agrícola. Para tal, tomou-se como base a área total mundial de onde se subtraiu as áreas edificadas, cultivadas, de florestas, sem vegetação, protegidas, inclinadas e escarpas e insustentáveis devido ao clima ou por serem áreas marginais. O resultado está apresentado na Figura 25, em que se nota numa primeira avaliação a aptidão agrícola do território brasileiro e a maior possibilidade de expansão do setor primário.

Conforme ilustrado na Figura 25 a maior disponibilidade de terra propícia para agricultura está localizada no hemisfério sul, em países em desenvolvimento, com exceção da Austrália. Conjuminando os resultados com a disponibilidade de terras agriculturáveis divulgada pela FAO (2007), pode-se dizer que outros países potenciais candidatos a participar do mercado internacional a fim de completar a demanda requerida poderiam ser a Colômbia com 42 milhões de hectares, a Bolívia com 37 milhões de hectares, Moçambique 49 milhões de hectares, Tanzânia 34 milhões de hectares, Kênia com 27 milhões de hectares e Zimbábue com 15 milhões de hectares de terras agriculturáveis.

A produção de biocombustíveis é também uma opção para suprir o mercado interno destes países. Nos dados da IEA relativos ao ano de 2006, da produção e da importação de gasolina e de diesel para os países acima sugeridos, consta que a Colômbia e a Bolívia produzem estes dois combustíveis fósseis sendo que a importação de diesel ocorreu em ambos (328 mil toneladas Bolívia e 377 mil toneladas Colômbia). Enquanto, em Moçambique, na Tanzânia e no Zimbábue, em 2006, não houve produção de diesel ou gasolina. No Kênia houve produção, mas também importação dos dois combustíveis (IEA, 2006).

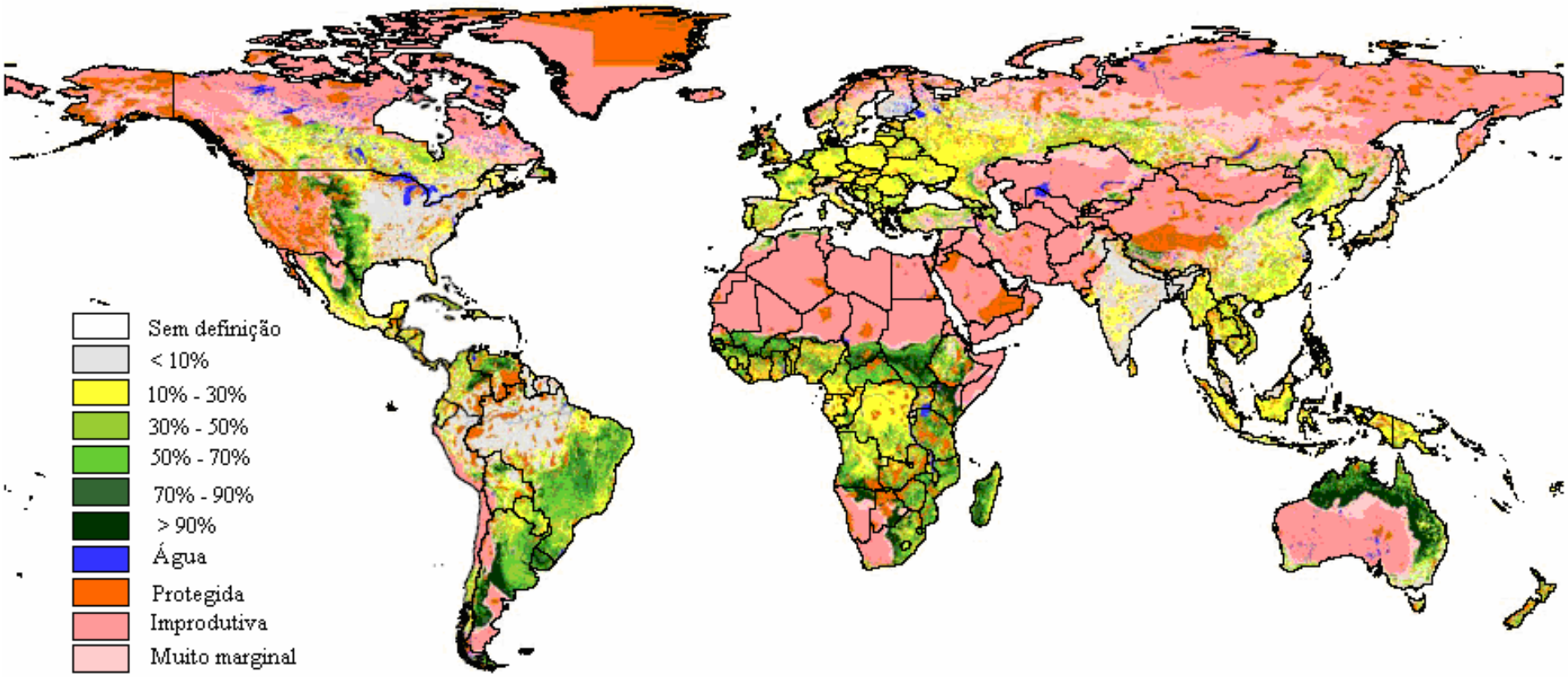


Figura 25 - Disponibilidade de terras no mundo para agricultura
Fonte: IIASA, 2007

De acordo com o Worldwatch Institute (2007), nas projeções feitas pelo Banco Mundial para região da África Sub-Saariana, simulando se 10% da gasolina e 5% do diesel fossem substituídos por biocombustíveis, verificou-se a possibilidade de gerar cerca de um milhão de empregos. Na Colômbia, o governo espera 170.000 novos postos de trabalho decorrentes da atividade de produção de etanol (WORLDWATCH INSTITUTE, 2007).

Entretanto, os países industrializados apresentam atualmente inúmeras preocupações com a sustentabilidade dos biocombustíveis (produção e uso), em particular nos países em desenvolvimento.

Na verdade, há necessidade de se desenvolver um zoneamento ecológico e econômico, a fim de determinar a melhor localização das culturas para biocombustíveis nas regiões onde há custo de produção favorável, como é o caso dos países em desenvolvimento, com perspectivas concretas de produção para consumo próprio, bem como, para exportação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como objetivo comparar as situações social e econômica entre os principais países produtores de biocombustíveis no mundo – Brasil, Estados Unidos e Alemanha. Estes aspectos foram analisados detalhadamente para cada país, enfatizando os gargalos existentes e as políticas relacionadas à produção e ao consumo de biocombustíveis.

No entanto, há significante variação nas bases de dados e no sistema de unidades entre os países selecionados. Além disso, há dificuldade em se encontrar dados ou há ausência de dados relacionados aos trabalhadores temporários imigrantes. Frente às limitações encontradas este estudo procurou delimitar a comparação às características distintas e comuns nos casos em que houve acesso e possibilidade de compatibilizar os dados.

Os países selecionados formam um grupo heterogêneo para pesquisa, variando na extensão territorial, nos indicadores econômicos e sociais. Entretanto, a produção de biocombustíveis é uma característica em comum entre eles. Outro ponto em comum é a legislação que regula os biocombustíveis que é proveniente de várias áreas governamentais, principalmente da energia, do meio ambiente e da agricultura.

No que diz respeito à motivação para lançamento de programas estimulando a produção de biocombustíveis, pode-se dizer que, o Brasil e os Estados Unidos foram estimulados pelos preços elevados do petróleo e a Alemanha teve interesse ligado na busca da redução de emissão dos gases do efeito estufa.

Dentre os países analisados, o Brasil apresenta maior participação de energias renováveis na matriz energética e possui maior percentagem de biocombustível misturado a um combustível regular. Enquanto na Alemanha e nos Estados Unidos a substituição apresenta percentagens menores e principalmente para eliminar o uso do MTBE.

Quanto ao biodiesel, verificou-se que, apenas recentemente, após políticas de incentivo como a isenção de impostos da Alemanha, em 2004, a regulamentação do Probiodiesel, em 2005, o *American Jobs Creation*, em 2004, e o *Energy Policy Act*, em 2005, houve expansão da produção e do consumo. Há necessidade de subsídios nos três países.

As evidências apontam que a modernização tecnológica da agricultura mudou o padrão da agrícola, nos três países, seguindo uma tendência de aumento na extensão das propriedades agrícolas, com especialização da agricultura e diminuição do número de empregos. Concomitantemente, houve aumento de trabalho sazonal.

Nos aspectos sociais verificou-se a existência regular de trabalhadores imigrantes sazonais nos três países, para trabalhar na agricultura. Em comum, os trabalhadores sazonais

apresentam; a faixa etária (maioria jovem); o baixo grau de qualificação e salários inferiores. No Brasil os sazonais são migrantes de outras regiões do país, enquanto na Alemanha e nos Estados Unidos os imigrantes são provenientes de outros países, em muitos casos ilegais. Estes trabalhadores deixam a região de origem em busca de melhores oportunidades. Apesar de existirem críticas às condições sociais no Brasil, na agricultura e na área de produção de biocombustíveis, principalmente na cana, observa-se que também nos países industrializados há problemas semelhantes.

Ainda com relação aos aspectos sociais, nota-se que a legislação nos países selecionados avança de acordo com as peculiaridades de cada um. Assim, no Brasil o Protocolo Ambiental do Estado de São Paulo prevê a requalificação de trabalhadores que serão dispensados pela mecanização da colheita. Na Alemanha, as ações políticas visam fixar o trabalhador rural no campo por meio de melhor sistema de seguridade social e aposentadoria. Nos Estados Unidos e na Alemanha, a legislação objetiva coibir a imigração de trabalhadores sazonais, porém em ambos há dificuldade de preencher estas vagas localmente. Esta situação pode aumentar o número de trabalhadores ilegais.

A partir das constatações, verificou-se que a produção e consumo de biocombustíveis têm avançado nos três países, embora haja, atualmente, uma maior aptidão brasileira para produção de etanol pela maior possibilidade de expansão agrícola, e utilização de uma matéria-prima com melhor balanço energético, em comparação com os outros países. Além disso, o etanol brasileiro apresenta maturidade de mercado e compete com a gasolina "C", sem subsídios, desde 2004.

Os Estados Unidos e a Alemanha ainda precisam lidar com a polêmica da disponibilidade de terras e com a dependência de desenvolvimento tecnológico para obter aumentos na produção. Deste modo, o custo de produção elevado e a pouca disponibilidade de terras são vetores desfavoráveis à produção, requerendo subsídios especiais.

Ações para aumentar os benefícios sociais e econômicos na área rural para produção de biocombustíveis podem ajudar a minimizar a distorções do trabalho rural, fixar o trabalhador no campo evitando o êxodo rural, estimular desenvolvimento social e econômico de comunidades rurais e, sobretudo diminuir a vulnerabilidade energética.

Os benefícios citados acima podem ser reproduzidos em outros países em desenvolvimento seguindo a experiência brasileira. Entretanto, há necessidade de remoção de barreiras tarifárias e não tarifárias, pois estas diminuem as possibilidades comerciais dos biocombustíveis produzidos em países em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

AGCENCUS, USDA; 2009. Disponível em: http://www.agcensus.usda.gov/Publications/Historical_Publications/1840/1840.pdf [Acessado em; abril 2009].

AG-ENERGIEBILANZEN.DE; 2009, Estatística do balanço energético da Alemanha. Disponível em:http: //www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=62 [Acessado em; junho 2009].

AGUIRRE, B.M.B., 1989; "Reflexões sobre a Organização do Mercado de Trabalho Agrícola". *Revista de Economia Política*, n° 9, pg. 31 a 46.[Acessado em; janeiro 2009].

AI/EU, AGRI-INFO.EU; 2007. Disponível em: http://www.agri-info.eu/english/a_start.php [Acessado em; setembro 2009].

ANDREOLI, C.; de Sousa S. P.; 2007. "Cana-de-açúcar: a melhor alternativa para conversão da energia solar e fóssil em etanol". Economia & Energia Ano X -No 59. Disponível em: http://ecen.com/eee59/eee59p/cana_melhor_conversorl.htm.[Acessado em; janeiro 2009].

ANFAVEA, ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA; 2003. Disponível em: www.anfavea.com.br [Acessado em; fevereiro 2009].

–2008. Disponível em: http://www.anfavea.com.br/anuario2009/capitulo2a.pdf [Acessado em; abril 2008].

ANNUAL ENERGY OUTLOOK; 2007. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biomass.html [Acessado em; fevereiro 2009].

ANP, AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO; 2007. Preço dos produtores. Disponível em: http://www.anp.gov.br/petro/precos_de_produtores.asp. [Acessado em; junho 2009].

– 2008. Usinas de biodiesel Brasil. Disponível em: http://www.anp.gov.br/?pg=8950&m=cartograma&t1=&t2=cartograma&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1127078523875 [Acessado em; junho 2009].

– 2009a. Logística do biodiesel. Disponível em: http://www.anp.gov.br/doc/biodiesel/GT%20BIODIESEL%20%201ª%20reunião%2018%20mai%2006%20-%20Ale.pdf [Acessado em; fevereiro 2009].

– 2009b. Anuário Estatístico Brasileiro dos Biocombustíveis. Disponível em: http://www.anp.gov.br/petro/dados_estatisticos.asp [Acessado em; junho 2009].

– 2009c. Glossário. Disponível em: http://www.anp.gov.br/sistemas/sistemas_interativos.asp [Acessado em; maio 2009].

– 2009d. Biodiesel. Disponível em: http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp [Acessado em; julho 2009].

– 2009e. Preço médio no leilão. Disponível em: http://www.anp.gov.br/doc/biodiesel/Resumo_Leiloes_Biodiesel.ppt#382,3,Slide 3 [Acessado em; junho 2009].

– 2009f. Número de usinas de biodiesel. Disponível em: http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/capacidade_plantas.asp [Acessado em; setembro 2009].

– 2009g. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2009. Disponível em: http://www.anp.gov.br/?pg=8240&m=anuário%20estatístico%202009&t1=&t2=anuário%20estatístico%202009&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1127077197968 [Acessado em; setembro 2009].

APEC, ASIA-PACIFIC ECONOMIC COOPERATION, 2008. Disponível em: http://www.biofuels.apec.org/me_united_states.html [Acessado em; janeiro 2009].

APTA; 2008. Safra 2007/08 área plantada da cana-de-açúcar. Disponível em: http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/apresentacao_impactos_painel3_goncalves.pdf [Acessado em; novembro 2008].

BANCO MUNDIAL; 2000. SEN A. Disponível em: http://info.worldbank.org/etools/docs/voddocs/354/688/sen_tokyo.pdf [Acessado em; março 2009].

– 2006. Custo de produção etanol na Índia. Disponível em: http://siteresources.worldbank.org/EXTENERGY/Resources/336805-1137702984816/2135734-1142446048455/Biofuel.ppt#273,11,Price structure in Thailand [Acessado em; maio 2009].

– 2007a, Produção etanol biodiesel Br, EUA, Alemanha. Disponível em: www.web.worldbank.org [Acessado em; janeiro 2009].

– 2007b. Etanol brasileiro não colaborou para o aumento do preço do açúcar. Disponível em: www.wds.worldbank.org/servlet/WDScontserver/WDSP/IB/2008/07/28/000020439_20080728[Acessado em; julho 2009].

– 2009. Taxa de crescimento da população, PIB, inflação. Disponível em: http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/DATASTATISTICS/0,,contentMDK:20535285~menuPK:1192694~pagePK:64133150~piPK:64133175~theSitePK:239419,00.html [Acessado em; maio 2009].

BARROS, A. R.; 2005. Relatório setorial integrante do Projeto “Economia de Pernambuco: Uma Contribuição para o Futuro”, Governo do Estado, Secretaria de Planejamento, PROMATA, 2006.

BASALDI, O. V.; 2007. “Mercado de Trabalho Assalariado na Cultura da Cana-de-açúcar no Brasil no Período 1992-2004” Informações Econômicas, SP, v.37, n.2, fev. 2007.

BELTRÃO, N.; 2008. “Biodiesel tem tudo para dar certo no Brasil”. Revista Brasileira de Bioenergia. Ano 2, N° 4, novembro de 2008, página 9.

BIOFUELS PLATFORM; 2007. Produção de etanol Alemanha 2007. Disponível em: http://www.biofuels-platform.ch/en/infos/eu-bioethanol.php [Acessado em; outubro 2007].

BIOTOP; 2009; “Biofuels Assessment on technical Opportunities and research Needs for Latin América” European Commission 7th Framework Programme.

BMELV, MINISTÉRIO AGRICULTURA ALEMÃO (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz); 2007a. “Agriculture does more”. Disponível em: www.bmelv.de [Acessado em; novembro 2008].

– 2007b. Programa agrícola alemão de 2007 “National Strategy Plan for Rural Development 2007 to 2013”. Disponível em: http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/381738/publicationFile/22688/The-German-Federal-Government-Agriculture-Report-2007.pdf [Acessado em; junho 2008].

– 2007c. Força de trabalho na agricultura alemã. Disponível em: http://www.bmelv.de/cln_118/SharedDocs/Standardartikel/EN/Agriculture/FarminginGermany.html?nn=313116 [Acessado em; novembro 2008].

BMU, FEDERAL MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, NATURE CONSERVATION AND NUCLEAR SAFETY; 2008. Participação dos combustíveis renováveis no consumo total de combustíveis. Disponível em: www.erneuerbare-energien.de, www.bmu.de [Acessado em; julho 2009].

– 2009a. Expansão da fronteira agrícola alemã. “National Biomass Action Plan for Germany , Biomass and Sustainable Energy Supply”. Disponível em: http://www.bmu.de/files/english/pdf/application/pdf/broschuere_biomasseaktionsplan_en_bf.pdf [Acessado em; julho 2009].

– 2009b. “Development of Renewable Energies in Germany in 2008”. Disponível em: www.bmu.de [Acessado em; julho 2009].

BP, 2009a. “BP, Statistical Review of World Energy, 2009”. Consumo de energia primária mundial. Disponível em: http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9023771&contentId=7044470[Acessado em; junho 2009].

2009b. Informações sobre petróleo no mundo. Disponível em: http://www.bp.com/iframe.do?categoryId=9024179&contentId=7044895 [Acessado em; abril 2009].

CAE, CADERNOS DE ALTOS ESTUDOS; 2004. Custo de produção do biodiesel por tipo de matéria-prima. Biodiesel e Inclusão Social, página 40. Disponível em: http://www.camara.gov.br/internet/infdoc/Publicacoes/html/pdf/Biodiesel03.pdf [Acessado em; abril 2009].

CAMARGO, J. M.; 2007; “Relações de trabalho na agricultura Paulista” tese UNICAMP.

CENBIO, CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA; 2006. Disponível em: http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/JEPO2750.pdf [Acessado em; outubro 2007].

– 2008. “Biodiesel tem tudo para dar certo no Brasil”. Revista Brasileira de Bioenergia. Ano 2, N° 4, novembro de 2008, páginas 8, 13.

CIPRANDI, O.; Neto, J. F.; 1996; “As perspectivas da pequena produção familiar na agricultura” Ciência Rural, vol.26 no.1 Santa Maria Jan./Abr. 1996 doi: 10.1590/S0103-84781996000100025. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384781996000100025&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0103-8478. doi: 10.1590/S0103-84781996000100025. [Acessado em; fevereiro 2009].

COELHO, S. T.; 1999; “Mecanismos para Implementação da Cogeração de Eletricidade a partir de Biomassa. Um Modelo para o Estado de São Paulo”; Tese de doutorado apresentada no Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo.

– 2005; “Biofuels – advantages and trade barriers”. UNCTAD, 4 Feb. 2005. Disponível em: < http://www.unctad.org/en/docs/ditcted20051_en.pdf >. [Acessado em; fevereiro 2009].

CONAB, COMPAHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO; 2009. Safra de cana-de-açúcar 2008/09. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1cana_de_acucar.pdf [Acessado em; julho 2009].

COSTA, C. V., 2006; “Políticas de Promoção de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica: Lições da Experiência Européia”. Rio de janeiro, 2006. Tese de doutorado. 233p. Universidade Federal do Rio de janeiro, COPPE.

COUNCIL DIRECTIVE; 2003. Disponível em: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:283:0051:0070:EN:PDF [Acessado em; maio 2009].

CRS, Congressional Research Service; (2007). “Energy Independence and Security Act of 2007: A Summary of Major Provisions”. Página 6. Disponível em: http://energy.senate.gov/public/_files/RL342941.pdf [Acessado em; setembro 2009].

DESTATIS, ESTATÍSTICAS DO GOVERNO FEDERAL DA ALEMANHA; 2006. Disponível em: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/EN/Navigation/Publications/STATmagazin/2008/LabourMarket2008__3,templateId=renderPrint.psml__nnn=true [Acessado em; junho 2009].

– 2008. Taxa de desemprego. Disponível em: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/EN/Content/Statistics/Arbeitsmarkt/content75/Eckwertetabelle,templateId=renderPrint.psml. [Acessado em; junho 2009].

– 2009. Disponível em: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/EN/Content/Statistics/Verdi

ensteArbeitskosten/Bruttoverdienste/Tabellen/Content50/LandwirtschaftD,templateId=renderPrint.psml [Acessado em; junho 2009].

DIE BUNDESREGIERUNG; 2008 a. Disponível em: http://www.bundesregierung.de/nn_6538/Content/EN/Artikel/2008/04/2008-04-01-hightech-serie-pflanzen-bundesregierung__en.html [Acessado em; julho 2009].

– 2008 b. “Progress Report 2008 on the National Strategy for Sustainable Development, Germany”. Disponível em: www.bundesregierung.de/nsc_true/Content/DE/__Anlagen/2009/05/2009-05-13-fortschrittsbericht-englisch-nachhaltigkeit,property=publicationFile.pdf/2009-05-13-fortschrittsbericht-englisch-nachhaltigkeit [Acessado em; abril 2009].

DIRETIVA EUROPÉIA; 2003; “DIRECTIVE 2003/30/EC of The European Parliament and of The Council”. “On the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport”. 8 May 2003. Página 44. Disponível em: http://www.renae.com.pt/_fich/6/directiva2003_30_Biocombust%C3%ADveis.pdf [Acessado em; setembro 2009].

EBB, EUROPEAN BIODIESEL BORD; 2008. Produção de biodiesel Alemanha. Disponível em: http://www.ebb-eu.org/stats.php [Acessado em; janeiro 2009].

– 2009. Diretiva européia 2006, “Fourth National Report on the Implementation of Directive 2003/30/EC”. Disponível em: http://www.ebb-eu.org [Acessado em; junho 2009].

EERE, ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY (Escritório de Eficiência Energética e Energia Renovável do Departamento de Energia dos EUA); 2008ª; “The next inflection point”. Desenvolvimento de tecnologias avançadas e logística. Disponível em: http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/2007ethanolreview.pdf [Acessado em; maio 2009].

– 2008b. Objetivo para 2017. Disponível em: http://www.energy.gov [Acessado em; julho 2009].

– 2009. Preço dos combustíveis. Disponível em: www.eere.energy.gov/afdc/resources/pricereport/price_report.html [Acessado em; julho 2009].

EIA/DOE, ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION; 2007. Legislação de biocombustíveis EUA. "Minimum corporate average fuel economy". Disponível em: http://www.eia.doe.gov/oil_gas/natural_gas/analysis_publications/ngmajorleg/eisa.html [Acessado em; dezembro 2008].

– 2008a. Marco do etanol EUA. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/renewable.energy.annual/backgrnd/chap8d.htm [Acessado em; outubro 2008].

– 2008b. “*Annual energy review*”. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/aer [Acessado em; maio 2008].

– 2008c. Consumo de energia primária EUA. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/txt/stb0103.xls [Acessado em; junho 2009].

– 2008d, consumo energia e PIB. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/pdf/aer.pdf [Acessado em; junho 2009]

– 2008e. Consumo de petróleo mundial. "*Annual energy review*". Disponível em: http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/pdf/aer.pdf [Acessado em; janeiro 2009].

– 2008f. Novo incentivo ao etanol. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/otheranalysis/aeo_2008analysispapers/ffttc_notes.html htm [Acessado em; julho 2009].

– 2008g. EUA produtor de petróleo. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/emeu/steo/pub/contents.html [Acessado em; junho 2009].

– 2008h. Produção de biocombustíveis. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/aer/pdf/pages/sec10_3.pdf [Acessado em; setembro 2009].

– 2009a. Consumo de energia por setor EUA. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/consump.html [Acessado em; fevereiro 2009].

– 2009b. Dados da produção e consumo etanol e biodiesel US. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/emeu/steo/pub/8tab.pdf [Acessado em; maio 2009].

– 2009c. Petróleo, preço médio global spot – FOB. Disponível em: http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/hist/wtotworldw.htm [Acessado em; julho 2009].

– 2009d. "Energy Supply US until 2010".Disponível em: http://tonto.eia.doe.gov/cfapps/STEO_Query/steotables.cfm?tableNumber=24&periodType=Annual&startYear=1995&endYear=2010&startMonthChanged=false&startQuarterChanged=false&endMonthChanged=false&endQuarterChanged=false&noScroll=false&loadAction=Apply+Changes [Acessado em; maio 2009].

EIU, THE ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT LIMITED; 2008; "Country Profile, Germany 2008". Disponível em: www.eiu.com [Acessado em; novembro 2008].

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; 2004. Comparação do teor de óleo soja e canola. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co118.htm. [Acessado em; abril 2009].

– 2005. Protocolo ambiental SP. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Lei_Estadual_11241_2002_000fieiehd002wyiv80z4s473aycboo3.pdf [Acessado em; setembro 2009].

– 2007a. Soja condição de temperatura. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/download/tpsoja_2008.pdf [Acessado em; fevereiro 2009].

– 2007b. Colza, canola. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/p_sp03_2007.pdf [Acessado em; fevereiro 2009].

– 2009. Produtividade soja Brasil. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=16&op_page=294 pdf [Acessado em; setembro 2009].

EPA, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY; 2007. Disponível em: http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420f07019.htm[Acessado em; dezembro 2008].

– 2009. Adaptation. Disponível em: http://www.epa.gov/climatechange/effects/adaptation.html [Acessado em; setembro 2009]

ERS/USDA, Economic Research Service of the United States Department of Agriculture; 2005; "The 20th Century Transformation of U.S. Agriculture and Farm Policy". Disponível em: www.ers.usda.gov/publications/eib3/eib3.htm [Acessado em; maio 2009].

– 2008. Disponível em: http://www.ers.usda.gov/AmberWaves/April08/PDF/HiredFarm.pdf [Acessado em; maio 2009].

EUROSTAT; 2008. Gráfico da força de trabalho na Alemanha. Disponível em: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-ED-08-001/EN/KS-ED-08-001-EN.PDF [Acessado em; junho 2009].

FAO, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO; 2004; "Agriculture indicators", Brasil, EUA e Alemanha. ESSGA, November 2006. Disponível em: http://www.fao.com [Acessado em; fevereiro 2009].

– 2007. Total de áreas agriculturáveis. Disponível em: http://www.faostat.org/site/377/DesktopDefault.aspx?PageID=377#ancor [Acessado em; junho 2009].

– 2008. Produção de milho EUA. Disponível em: http://www.fao.com [Acessado em; junho 2009].

FAS/USDA; FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE/USDA; 2007. Incentivo à agricultura. Disponível em: http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200710/146292760.pdf[Acessado em; junho 2009].

– 2008, EU-27/Bio-Fuels/Annual/2008. Subsídios. Disponível em: www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf [Acessado em; julho 2009]

– 2009a, Produção Brasil, EUA e Alemanha de etanol e biodiesel. Disponível em: http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf [Acessado em; abril 2009].

– 2009b. Regulação para modificar incentivos aos biocombustíveis Alemanha. Disponível em: http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200812/146306731.pdf [Acessado em; julho 2009].

FEENY, D.; Berkes F.; McCay, B.J.; Acheson, J.M.; 1990, “The Tragedy of the Commons: Twenty-two Years Later”, Human Ecology, Vol.18, No 1, 5 página 9.

FNR, FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V, Agência de Materiais Renováveis; 2008. Disponível em: http://www.fnr-server.de/cms35/index.php?id=140 [Acessado em; junho 2009]

FREITAS, E. P. de; 2008; “Metamorfoses socioespaciais: os dilemas da modernização agrícola na região de Ribeirão Preto (SP)”, 1° SIMPGEO/SP, Rio Claro ISBN: 978-85-88454 página 8.

GARCIA, C. M.; 2006; “Transesterificação de óleos vegetais”, Campinas Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. Tese de mestrado, página 27.

1ST GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC; 2003; “First national report on the implementation of Directive 2003/30/EC of 8 May 2003*” on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport*.

2ND GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC; 2004; “Second national report on the implementation of directive 2003/30/EC of 8 may 2003” *on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport.*

3RD GERMAN REPORT DIRECTIVE 2003/30/EC; 2005; “Third national report on the implementation of directive 2003/30/ec of 8 may 2003”. *On the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport for 2005.*

GERMAN FEDERAL STATISTICS OFFICE; 2007; “Special series 14, No 9.3”. Disponível em:http://www.bundesregierung.de/nsc_true/Content/EN/StatischeSeiten/Schwerpunkte/Nachhaltigkeit/Anlagen/indikatorenbericht2007,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/indikatorenbericht-2007 [Acessado em; junho 2009].

GLOBO; 2007. EUA plantam mais milho, mas podem precisar de etanol brasileiro. Jornal o Globo (versão eletrônica). Notícia publicada em 30/03/2007. Disponível em http://g1.globo.com/Noticias/Economia_Negocios/0,,MUL16267-9356,00-EUA+PLANTAM+MAIS+MILHO+MAS+PODEM+PRECISAR+DE+ETANOL+BRASILEIRO.html [Acessado em; setembro 2007].

GOLDEMBERG, J.; 2002; “Brazilian Energy Initiative”, World Summit on Sustainable Development, Joanesburgo, África do Sul. setembro, 2002.

GOLDEMBERG, J.; Coelho, S.T.; Lucon, O.S.; Nastari, P.M.; 2003; “Ethanol learning curve—the Brazilian experience”. Biomass and Bioenergy 26/3, 301–304.

GOLDEMBERG, J.; La Rovere E. L.; Coelho S. T.; Simões A.F.; Guardabassi P.;.Miranda F.M.; 2006; “*Renewable Energy Technologies to Improve Energy Access in Brazil*”. Relatório preparado para; Global Network on Energy for Sustainable Development (GNESD).

GOLDEMBERG, J.; Coelho S. T.; Guardabassi P. M.; 2008a; “*The Sustainability of ethanol production from sugar cane*”. Energy Policy 36, 2008. doi:10.1016/j.enpol.2008.02.028 Elsevier, página 2087.

GOLDEMBERG, J.; Nigro F. E. B. N.;Coelho S. T.; 2008b; "Bioenergia no Estado de São Paulo: Situação Atual, Perspectivas, Barreiras e Propostas", Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. São Paulo, 2008. Página 23.

GTZ, GERMAN TECHNICAL COOPERATION; 2005. "Liquid Biofuels for Transportation in Brazil", Potential and Agriculture for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century.

GUARDABASSI, P. M.; 2006; "Sustentabilidade da Biomassa como Fonte de Energia Perspectivas para Países em Desenvolvimento", página 126. São Paulo. Universidade de São Paulo. Tese de dissertação de mestrado, 2006.

HARRIS, J. M.; 2006; "Environment and Natural Resource Economics: a contemporary approach". Boston: Houghton Mifflin Company. Capítulo 18: "Global Climate Change". Página 405.

HOLST C.; Hess S.; Von Cramon-Taubadel S.; 2008. Relatórios da Agricultura, Exercise number 3, December 2008. Disponível em: http://www.bmelv.de/cln_111/SharedDocs/Standardartikel/EN/Servicemenue/ReportsonAgriculture/Volume86/Number3.html?nn=309750#doc381690bodyText1 [Acessado em; abril 2009].

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; 2000. Taxa de alfabetização. Disponível em: www.ence.ibge.gov.br/publicacoes/textos_para_discussao/textos/texto_1.pdf [Acessado em; fevereiro 2009].

– 2006a. Disponível em: http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=559&z=p&o=2&i=P [Acessado em; junho 2009].

– 2006b. Disponível em: http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&e=c&p=CA&v=216&z=t&o=11 [Acessado em; junho 2009].

– 2008. Produção do etanol Brasileiro. Disponível em: http://www.ibge.gov.br [Acessado em; julho 2009].

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; 2006. Disponível em: http://www.iea.org/stats/index.asp [Acessado em; setembro 2009].

– 2009. "Key World Energy Statistics". Disponível em: http://www.iea.org/Textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf [Acessado em; setembro 2009].

IEMA, INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND ASSESSMENT; 2007; "Annual Conference". ISO 14020. Disponível em: https://www.iema.net/index.php [Acessado em; março 2009].

IIASA, INTERNATIONAL INSTITUTE FOR APPLIED SYSTEMS ANALYSIS (Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados); 2007. Disponível em: http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/podcast/15nilsson.pdf [Acessado em; julho 2009].

ILO, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE (Organização Internacional do Trabalho); 2007. Trabalhador alemão. Disponível em: http://laborsta.ilo.org/STP/guest#4242NG [Acessado em; junho 2009].

IPEADATA, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; 1991 e 2000. Indicadores sociais Brasil. Disponível em: www.ipeadata.gov.br [Acessado em; fevereiro 2009].

– 2007a. Índice de Gini Brasil. Disponível em: www.ipeadata.gov.br [Acessado em; fevereiro 2009].

– 2007b. Produção da cana-de-açúcar Brasil. Disponível em: http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?SessionID=2128937019&Tick=1248015581857&VAR_FUNCAO=Ser_Hist%28120%29&Mod=M [Acessado em; maio 2009].

– 2007c. Produção da soja Brasil. Disponível em: http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?SessionID=2128937019&Tick=1248015581857&VAR_FUNCAO=Ser_Hist%28120%29&Mod=M [Acessado em; maio 2009].

– 2009. PIB Brasil, série histórica. Disponível em: www.ipeadata.gov.br [Acessado em; maio 2009].

JIS, JAMAICA GOVERNMENT, 2009. Disponível em: //www.jis.gov.jm/agriculture/html/20070404T100000-0500_11646_JIS_PERMANENT_SECRETARY_URGES_FARMERS_TO_PLANTS_MORE_SUGAR_CANE.asp [Acessado em; julho 2009].

KAGEYAMA A.; 2003; “Os rurais e os agrícolas de São Paulo no censo de 2000”. Texto para Discussão. IE/UNICAMP n. 112, outubro 2003, página 3.

KOVARIK W.; 2006; “Ethanol's first century Fuel blending and substitution programs in Europe, Asia, Africa and Latin America”.TEC Technical Commission. Artigo para: “XVI International Symposium on Alcohol Fuels”.

KUTAS G.; Lindberg C.; Steenblik R.; 2007. ”Biofuels – at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in the European Union”. Disponível em: http://stopogm.net/files/BiofuelsEU.pdf [Acessado em; julho 2009].

LEITE A. D.; 2007; “A Energia do Brasil”. Elsevier Editora Ltda.2° ed 2007, cap. 46 página 89.

LORA, B.A.; Monteiro, M.B.; Assunção, V.; Frigerio R.; 2006; “Levantamento Georreferenciado da Expansão da Cultura de Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo”. São Paulo, dezembro 2006.

MACEDO, I. C. *et al*., 2005; “Sugar Cane’s Energy: Twelve studies on Brazilian sugar cane agribusiness and its sustainability”. São Paulo: Berlendis & Vertecchia : UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, 2005.

MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO; 2009. Anuário estatístico da agroenergia. Disponível em: www.agricultura.gov.br [Acessado em; abril 2009].

MDA, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA; 2005; “Dossiê Biodiesel”. Disponível em: http://www.mda.gov.br/condraf/arquivos/1372414257.pdf [Acessado em; setembro 2008].

– 2009a. Produção e renda familiar. Disponível em: http://www.mda.gov.br/portal/index/show/index/cod/134/codInterno/20297 [Acessado em; junho 2009].

– 2009b. Biodiesel e selo combustível. Disponível em: http://www.mda.gov.br/portal/index/show/index/cod/134/codInterno/22609 [Acessado em; setembro 2009].

MDIC, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR; 2009. Disponível em: http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=999 [Acessado em; setembro 2009].

MME, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; 2005. Balanço Energético Nacional (BEN), 2005. Disponível em: www.ben.epe.gov.br [Acessado em; maio 2009].

– 2008. Balanço Energético. Consumo de energia Brasil, 2008. Disponível em: https://www.ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2009.pdf [Acessado em; junho 2009].

MORAES, M. A. F. D, 2007, “Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005”, Estudos Econômicos vol.37 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2007 doi: 10.1590/S0101-41612007000400007

MORAES, M. A. F. D; Figueiredo, M.G.; 2008. “Migração Espontânea de Trabalhadores no Setor Sucroalcooleiro”. Relatório de Pesquisa, Grupo de Extensão em Mercado de Trabalho P i r a c i c a b a, abril de 2008.

MOREIRA, A. S. D; Vilela, P. S.; 2007; “O Complexo Soja e o Mercado de Energia no Brasil”. Disponível em: www.faemg.org.br/arquivos/O%20Complexo%20Soja%20e%20o%20Mercado%20de%20Energia%20no%20Brasil.pdf. [Acessado em; fevereiro 2009].

MOREIRA, J.R.; Goldemberg, J.; 1999; “The Alcohol Program. Energy Policy” 1999;27(4):229–45. 43. 1999.

NASDA, NATIONAL ASSOCIATION OF STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE; 1993. Disponível em:

http://www.nasda.org/nasda/nasda/News_Publications/News/aginper/nov93dum.pdf [Acessado em; junho 2009].

– 2005. Disponível em: www.nasda.org. [Acessado em; junho 2009].

NASS/USDA, 2009. Área plantada EUA. Disponível em: http://www.nass.usda.gov/QuickStats/index2.jsp [Acessado em; junho 2009].

NBB, NATIONAL BIODIESEL BOARD; 2009. Disponível em: http://www.biodiesel.org [Acessado em; fevereiro 2009].

NREL, NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY; 2004; "Biomass Oil Analysis: Research Needs and Recommendations". Disponível em: http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/34796.pdf [Acessado em; outubro 2007].

NDDC, NORTH DAKOTA DEPARTAMENT OF COMMERCE; 2008. Legislação biocombustíveis EUA. Disponível em: http://www.communityservices.nd.gov/energy/renewable-energy/ethanol/history-of-ethanol/ [Acessado em; dezembro 2008].

NOGUEIRA, A.C. L.; 2001, "Mecanização Na Agricultura Brasileira: Uma Visão Prospectiva", Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 08, nº 4, outubro/dezembro 2001, página 79. Disponível em: http://www.pensa.org.br/anexos/biblioteca/1932007114157_Mecaniza%C3%A7%C3%A3ona AgriculturaBrasileira_Umavis%C3%A3oProspectiva.pdf [Acessado em; outubro 2007].

NOGUEIRA, L. A. H.; Lora E. E. S.; 2003. "Dendroenergia Fundamentos e Aplicações", Rio de janeiro, Interciência, 2003, 2a ed, páginas 32 e 34.

PARENTE, J.S.; 2003, Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza, 2003. Disponível em: http://www.tecbio.com.br/Downloads/Livro%20Biodiesel.pdf. [Acessado em; outubro 2008].

PETROBIO, INDÚSTRIAS E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS E PROCESSOS PARA BIODIESEL LTDA; 2004; "Relatório – Biodiesel: Aspectos Atuais e Viabilidade de Aplicação". PROCANA. "The Ethanol Guide" – Guia Internacional do Álcool. São Paulo, 2005.

PLÁ, J. A.; 2003. Histórico do biodiesel e suas perspectivas. Disponível em: www.ufrgs.br/decon/publionline/textosprofessores/pla/hist_rico.doc [Acessado em; setembro 2009].

PP, PROL-POSITION; 2005. Disponível em: http://www.prol-position.net/nl/2005/04/polish_f [Acessado em; setembro 2009].

RFA, RENEWABLE FUEL ASSOCIATION; 2008. Produção mundial de etanol. Disponível em: http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#D [Acessado em; maio 2009].

RIBEIRO, D. D.; Mendonça, M. R.; Hespanhol, A.N.; 2002; "Relações de trabalho na agricultura mecanizada: A monocultura da soja em Goiás. Scripta Nova Revista Electrónica

de Geografía y Ciencias Sociales Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98 Vol. VI, número 119 (81).

SANT'ANNA, J. L.; Almeida I. R. N.; 2005; "A variabilidade das chuvas e a expansão da cultura da soja no Brasil: cenários possíveis sob a hipótese das mudanças climáticas". Disponível em: http://www4.fct.unesp.br/docentes/geo/joaolima/a%20variabilidade%20das%20chuvas%20e%20a%20expans%E3o%20da%20cultura%20da%20soja%20no%20Brasil.pdf [Acessado em; fevereiro 2009].

SEABRA, J.E.A.; 2008; "Avaliação técnico-econômica de opções para o aproveitamento integral da biomassa de cana no Brasil", Campinas Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Tese de doutorado página 32.

SEAPA/MG, Secretaria de Estado de Agricultura Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais; 2008. Disponível em: http://www.agricultura.mg.gov.br/noticia.asp?id=861 [Acessado em; setembro 2009].

SEFI/UNEP, SUSTAINABLE ENERGY FINANCE INITIATIVE AND UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM ; 2007; "Global Trends in Sustainable Energy Investment 2007". Disponível em: http://sefi.unep.org/fileadmin/media/sefi/docs/publications/SEFI_Investment_Report_2007.pdf [Acessado em; fevereiro 2008].

– 2009. "Global Trends in Sustainable Energy Investment 2007". Disponível em: http://sefi.unep.org/fileadmin/media/sefi/docs/publications/Executive_Summary_2009_EN.pdf [Acessado em; setembro 2009].

SHELL; 2008. Disponível em: http://www.shell.com/home/content/media/news_and_library/press_releases/2008/visit_merkel_choren_17042008.html [Acessado em; abril 2009].

SERRA, C. A T.; 2003; "Considerações acerca da evolução da propriedade da terra rural no Brasil". ALCEU, v.4, n.7, p. 231 a 248 - jul./dez. 2003

STIGLITZ, J. E; 2006;"*In Making Globalization Work*". New York/London: W. W.Norton & Company. Development. *Chapter* 3: *Making Trade Fair.* Páginas 36, 66.

SUCRE-ETHIQUE; 2009. Usina brasileira no Caribe. Disponível em: http://www.sucre-ethique.org/GRUPO-BRASILEIRO-INVESTE-EM.html / [Acessado em; julho 2009].

TECSON; 2009. Preço de custo do diesel Alemanha. Disponível em: ww.tecson.de/poelhist.htm#chart_$_€ [Acessado em; julho 2009].

TEXAS STATE; 2008. Disponível em: http://www.window.state.tx.us/specialrpt/energy/pdf/28GovernmentFinancialSubsidies.pdf [Acessado em; abril 2009].

TYNER ,W. E.; 2008; "*The us ethanol and biofuels boom: its origins, current status, and future prospects*". BioScience, July/August 2008 / Vol. 58 No. 7.

UFMG, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS; 2006. Disponível em: http://www.medicina.ufmg.br/dmps/2006/saude_trabalhador_rural.pdf. [Acessado em; junho 2009].

UFOP, UNION FOR THE PROMOTION OF OIL AND PROTEIN PLANTS (União dos Produtores de Óleo e Proteínas de Óleo da Alemanha; 2005. Sensor de biodiesel. "Reported by FAL Federal Agricultural Research Centre". Disponível em: http://www.ufop.de/english_news.php [Acessado em; junho 2009].

– 2008. Gráfico produção de biocombustíveis. Disponível em: http://www.ufop.de/downloads/Entwicklung_ee_2008_englisch.pdf [Acessado em; maio 2009].

– 2009a. Preço diesel e biodiesel, impostos. Disponível em: http://www.ufop.de/1299.php [Acessado em; junho 2009].

– 2009b. Produção de canola. Disponível em: www.ufop.de/downloads/11.gif [Acessado em; maio 2009].

UNICA, UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR; 2007. Produção e uso do etanol combustível no Brasil. Direcionamento da produção de etanol em percentagem. Impostos. Disponível em: http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/saibaMais/artigos/Producao/producao_etanol_unica.pdf [Acessado em; janeiro 2009].

– 2008. "An overview of Brazilian cane industry". Número de usinas. Disponível em: www.english.unica.com [Acessado em; maio 2009].

– 2009a. Ocupação das terras agriculturáveis Brasil. Disponível em: http://www.farmfoundation.org/news/articlefiles/1698-Velasco.pdf [Acessado em; junho 2009].

– 2009b. "Produtividade da cana-de-açúcar". Disponível em: http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode={0C8534A8-74A7-4952-8280-C5F6FB9276B7}[Acessado em; maio 2009].

UNDP, UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAM, 2008. Índice de Gini: Disponível em: http://hdrstats.undp.org/indicators/147.html [Acessado em; abril 2009].

UNSTATS, Departamento de Estatística da ONU, 2008a. Disponível em: http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/socind/population.htm [Acessado em; abril 2009].

– 2008b. Índice IDH: Disponível em: http://hdr.undp.org/en/statistics/data/ [Acessado em; abril 2009].

USALSF, U.S. AGRICULTURAL LABOR STATISTICS FOR FALL; 2008. Disponível em: https://www.msu.edu/~bitsch/N40-LaborStatisticsFall08_EEO.pdf [Acessado em; junho 2009].

USDA, UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, (USDA/DOE); 2002. Uso da terra nos EUA. Disponível em: http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biomass.html [Acessado em; fevereiro 2009].

– 2005. Tamanho e peculiaridades das propriedades norte-americanas. Disponível em: http://www.ers.usda.gov/publications/eib3/eib3.htm [Acessado em; junho 2009].

– 2008a. Produção de soja EUA. Disponível em: http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1290 [Acessado em; julho 2009].

– 2008b. EU-27Bio-Fuels Annual 2008. Isenção de tarifas para o etanol. Disponível em: http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf [Acessado em; julho 2009].

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY; 2008. Disponível em: http://www.energy.gov/media/HR_1424.pdf . Página 467 [Acessado em; dezembro 2008].

USDL, UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR; 2007; "National Agricultural Workers Study". Disponível em: http://www.doleta.gov/agworker/naws.cfm [Acessado em; junho 2009].

VAN THUJL E.; Deurwaarder E.P.A.; 2006; "European Biofuel Policies in Retrospect" Energy Research Centre of The Netherlands (ECN), página 15.

VITO, L., P.; 2007; "Effectiveness of policy measures to support biofuel introduction in European Member States". "Workshop on Biofuels Production Promotion in Albânia", janeiro 2007.

YACOBUCCI, B. D.; 2008; " Fuel Ethanol: Background and Public Policy Issues". Disponível em: http://www.nationalaglawcenter.org/assets/crs/RL33290.pdf [Acessado em; abril 2009].

WLU,WILFRID LAURIER UNIVERSITY; 2006; Waterloo, Ontario. Disponível em: http://info.wlu.ca/~wwwgeog/special/vgt/English/ger_mod4/unit2.htm [Acessado em; junho 2009].

WRI, WORLD RESOURCES INSTITUTE; 2006; "Environment Governance", World Resources, Capítulo 1, página 10.

WORLDWATCH INSTITUTE; 2007. *Biofuels for Transport*, "Global Potential and Implications for Sustainable Energy and Agriculture". In London sterling. Páginas 21, 25, 143 e 162.

ANEXO I

Conversões

Nota: Densidade do Biodiesel = 0,88 g/ml

	De		Para		Referência
Combustível	Unidade	Valor	Unidade	Valor	
		Tema: Comum			
-	acre	1	hectare	0,40468564224	http://www.convertunits.com/from/acres/to/hectare
-	m^3	1	litros	1000	http://www.convertunits.com
-	galões US		litros	3,78	
-	barril	1	litros	252,56	
-	bushels	1	litros	35,2390704	http://www.interstock.ru/0obuch/conversion.pdf
		Tema: Agricultura			
Etanol	tonelada	1	litros	1267	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Biodiesel	tonelada	1	litros	1136	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Diesel	tonelada	1	litros	1195	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Canola	tonelada	1	litros	1087	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Milho	bushel	1	kg	25,4	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
		Tema: Energia			
Gasolina	tep	1	litros	1302,91	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Etanol	tep	1	litros	1979,69	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Diesel	tep	1	litros	1171.57	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Biodiesel	tep	1	litros	1262,22	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Canola	tep	1	litros	1309,64	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Gasolina	tonelada	1	litros	1342	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Etanol	tonelada	1	litros	1267	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Diesel	tonelada	1	litros	1195	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Biodiesel	tonelada	1	litros	1136	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Canola	tonelada	1	litros	1087	http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200806/146294845.pdf
Biodiesel	Kg	1	MJoule	37,8	http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy_conv.html
Biodiesel	GWh	1	litros	108,22 mil	