UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
EP – FEA – IEE – IF

PATRICIA MARIA GUARDABASSI

OS DESAFIOS À EXPANSÃO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO DE
ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR

SÃO PAULO

2011

PATRICIA MARIA GUARDABASSI

OS DESAFIOS À EXPANSÃO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO DE ETANOL DE
CANA-DE-AÇÚCAR

Tese 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 Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. José Goldemberg

Versão Corrigida

(versão original disponível na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP)

SÃO PAULO
2011

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

FICHA CATALOGRÁFICA

Guardabassi, Patricia Maria

Os Desafios à expansão sustentável da produção de etanol de
cana-de-açúcar./ Patricia Maria Guardabassi; orientador . José
Goldemberg.-- São Paulo, 2011.

138 f. : il.; 30cm.

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

1. Sustentabilidade 2. Etanol 3. Cana-de-açúcar - Brasil I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
EP – FEA – IEE – IF

PATRICIA MARIA GUARDABASSI

“Os desafios à expansão sustentável da produção de etanol de cana-de-açúcar”

Tese defendida e aprovada pela Comissão Julgadora

Prof. Dr. José Goldemberg – PPGE/USP
Orientador e Presidente da Comissão Julgadora

Prof^a Dr^a Suani Teixeira Coelho – PPGE/USP

Prof. Dr. Pedro Roberto Jacobi – PROCAM/USP

Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira – UNIFEI/Itajubá

Prof. Dr. Arnaldo César da Silva Walter - UNICAMP

DEDICATÓRIA

Ao Marcelo, por tudo.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. José Goldemberg, exemplo de caráter e amor pela ciência, não apenas pela orientação no desenvolvimento deste trabalho, mas pela oportunidade de compartilhar seu dia-a-dia, que me fez crescer nestes anos e deixou lições que certamente levarei por toda a vida.

À Prof. Suani Coelho, pelas discussões, aconselhamentos e por compartilhar seus conhecimentos.

Aos colegas, funcionários e professores do Instituto de Eletrotécnica e Energia.

Aos amigos do CENBIO pela colaboração e apoio quando foi necessário me dedicar (mais) a este trabalho, em especial à amiga Renata Grisoli pelo apoio constante e por tantas conversas nos momentos mais difíceis desta jornada.

À família pelo apoio e compreensão.

Aos amigos pela torcida e os momentos de descontração.

Ao meu marido pelo incentivo, companheirismo, amizade, paciência, compreensão e, por quê não, pelos “puxões de orelha”.

E mais uma vez, ao Zeca, meu inabalável companheiro de estudos.

“A sabedoria não nos é dada, é preciso que nós a descubramos
fazendo uma caminhada que ninguém pode fazer em nosso
lugar e da qual ninguém nos pode poupar”

Marcel Proust

RESUMO

GUARDABASSI, P.M. Os desafios à expansão sustentável da produção de etanol de cana-de-açúcar. 2011. 139f. (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

A busca por formas alternativas de energia e tecnologias modernas que possam substituir os combustíveis fósseis e mitigar as emissões de gases que causam o efeito estufa são os principais fatores que estão impulsionando países a consumirem combustíveis renováveis. No entanto nem todos os países são capazes de suprir domesticamente sua demanda e são obrigados a importar biocombustíveis de países em desenvolvimento, onde a disponibilidade de terra e condições climáticas são favoráveis para produzi-los. Em contrapartida, estes mesmos países desenvolvidos estabelecem critérios socioambientais de sustentabilidade visando garantir que produtos nocivos ao meio ambiente e produzidos baseados em condições de exploração de mão-de-obra sejam introduzidos em seus mercados. Assim, esta tese teve por objetivo, com base na bem-sucedida experiência brasileira de introdução do etanol como combustível, demonstrar que é possível compatibilizar a produção deste combustível renovável com o respeito às boas práticas ambientais e sociais. Para países em desenvolvimento e menos desenvolvidos, com potencial de produzir cana-de-açúcar, foram identificadas condicionantes institucionais, econômicas, ambientais e sociais que precisam ser equacionadas, para isso as lições aprendidas pelo Brasil podem servir como guia para facilitar a adoção de programas de biocombustíveis.

Palavras-chave: etanol, sustentabilidade, países em desenvolvimento, políticas públicas.

ABSTRACT

GUARDABASSI, P.M. The challenges to the sustainable expansion of sugarcane ethanol production. 139p. (Doctorate Thesis) Graduation Program on Energy, University of São Paulo, 2011.

The search for alternative energy forms and modern technologies that could replace fossil fuels as well as mitigate greenhouse gases emissions are the main drivers to renewable fuels consumption. However, there are countries that are incapable to supply its domestic demand and will depend on biofuels imports from developing countries, where land availability and adequate climate conditions are suitable for the production of bioenergy crops. On the other hand, these same developed countries have been establishing socio and environmental sustainability criteria aiming to ensure that biofuels produced environmentally unfriendly and based on the exploration of workers are not introduced in their markets. Hence, the present study aim at demonstrating the viability of sustainable sugarcane ethanol production, based on the Brazilian successful experience. Developing and least developing countries are potential producers of sugarcane ethanol, notwithstanding existing institutional, economic, environmental and social barriers identified within this study need to be overcome, in this sense Brazilian lessons learnt can be an useful guideline facilitating the adoption of biofuels programs in such countries.

Keywords: ethanol, sustainability, developing countries, public policy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de veículos bicomcombustível	27
Figura 2 - Produção nacional de etanol.....	28
Figura 3 - Distribuição das unidades produtoras de açúcar e álcool	29
Figura 4 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil.....	30
Figura 5 - Centrais de bioeletricidade em operação no Brasil desde 2001	33
Figura 6 - Distribuição dos usos de água na indústria sucroalcooleira.....	42
Figura 7 - Evolução da Eficiência de Produção de Etanol no Brasil.....	44
Figura 8 - Preços de alimentos (eixo y <i>primário</i>) e do petróleo (eixo y <i>secundário</i>) 2000 – 2010.....	49
Figura 9 - Área colhida das principais culturas no Brasil	50
Figura 10 - Evolução da Lotação das Pastagens no Estado de São Paulo e no Brasil.....	52
Figura 11 - Evolução da Colheita Mecanizada no Estado de São Paulo	61
Figura 12 - Balanço energético das principais matérias-primas utilizadas para a produção de etanol.....	64
Figura 13 - Evolução do número de empregados especializados e não-especializados na lavoura de cana-de-açúcar, Brasil, 1992 – 2007.....	67
Figura 14 - Curva de aprendizado do etanol	72
Figura 15 - Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar	83
Figura 16 - Zoneamento Agroambiental do estado de São Paulo	84
Figura 17 - Áreas aptas à produção não-irrigada de cana-de-açúcar.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potencial de Cogeração de Energia no Setor Sucroalcooleiro.....	34
Tabela 2 - Evolução do rebanho bovino e da área ocupada por pastagens no Estado de São Paulo	51
Tabela 3 - Principais alterações no uso do solo em estados produtores de cana-de-açúcar da região Centro-Sul entre 1996 e 2006	53
Tabela 4 - Uso de defensivos agrícolas nas principais culturas brasileiras (kg de ingrediente ativo/hectare)	55
Tabela 5 - Área de colheita mecanizável (> 12% de declividade) dos principais estados do nordeste brasileiro produtores de cana e do estado de São Paulo	62
Tabela 6 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor, a partir da combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar	62
Tabela 7 - Cronograma de atendimento e padrões de intensidade de carbono para gasolina e seus substitutos	79
Tabela 8 - Calendário de utilização de biocombustíveis nos Estados Unidos	80
Tabela 9 - Principais produtores de biocombustíveis, 2010.....	92
Tabela 10 - Produção mundial de etanol em 2010	94
Tabela 11 - Mercado de etanol no Sul da África.....	99
Tabela 12 - Comercialização sob o Sistema Geral de Preferências.....	106
Tabela 13 - Subsídios fornecidos os produtores de etanol na UE	106
Tabela 14 - Principais condicionantes à introdução de um programa sustentável de produção de etanol	121

LISTA DE SIGLAS

ABRINQ	Associação Brasileira dos Fabricantes de Brinquedos
ACP	Países da África, Caribe e do Pacífico
AFDB	African Development Bank
AFREPREN/FWD	Energy, Environment and Development Network for Africa
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ATR	Açúcares Totais Recuperáveis
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BLUM	Brazilian Land Use Model
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CARB	Californian Air Resources Board
CARD/FAPRI	Centre for Agricultural and Rural Development e o Food and Agricultural Policy Research Institute
CBTPA	Caribbean Basin Trade and Partnership Act
CDGB	Centro de Desenvolvimento de Gaseificação de Biomassa
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
COGEN	Associação da Indústria de Cogeração de Energia
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento

CTBE	Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESALQ/USP	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / Universidade de São Paulo
EU	European Union
FAT	Fundo de Amparo ao Trabalhador
FERAESP	Federação dos Empregados Rurais Assalariados do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GAEZ	Global Agro -Economic Zones
GBEP	Global Bioenergy Partnership
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEF	Global Environment Facility
GNESD	Global Network on Energy for Sustainable Development
GSP	Generalised System of Preferences
iBase	Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
ILUC	Indirect Land Use Change Impacts of Biofuels
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTBE	éter metil-butil terciário
ORPLANA	Organização de Plantadores de Cana da Região Centro Sul do Brasil
PIB	Produto Interno Bruto
PNPB	Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Alcool
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas
RFS	Renewable Fuel Standards
RSB	Roundtable on Sustainable Biofuels
RTFO	Renewable Transport Fuel Obligation
SAA	Secretaria de Agricultura e Abastecimento
SCOUL	Sugar Corporation of Uganda Limited
SIAMIG	Sindicato de Indústria da Fabricação do Alcool no estado de Minas Gerais
SINDAÇUCAR/MG	Sindicato da Indústria do Açúcar no estado de Minas Gerais
SMA	Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo
EU	União Europeia

UNICA	União da Indústria de Cana-de-Açúcar
ZAA	Zoneamento Agroambiental
ZAE	Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar

LISTA DE SÍMBOLOS

bar	unidade de pressão equivalente a 10^5 Pascal
tCO ₂ equivalente/ha.ano	tonelada de dióxido de carbono equivalente por hectare ao ano
galão	unidade de volume equivalente a aproximadamente 3,79 litros
gCO ₂ eq/MJ	gramas de dióxido de carbono equivalente por megajoule
GWh	Giga watt-hora
ha	hectare
kg	quilograma
kgCO ₂	quilograma de dióxido de carbono
kWh/tc	quilowatt hora por tonelada de cana-de-açúcar processada
l	litro
l/tc	litros por tonelada de cana-de-açúcar
m	metros
m ³ /ha	metros cúbicos por hectare
m ³ /t	metros cúbicos por tonelada
MW	megawatt
tc/ha	tonelada de cana-de-açúcar por hectare
t/ha.ano	toneladas por hectare ao ano
TWh	Tera watt-hora
tCO ₂	tonelada de dióxido de carbono

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO BRASILEIRO.....	25
2.1. Histórico da introdução do Proálcool.....	25
2.2. Panorama da situação atual do setor	26
2.3. Características regionais da produção de cana-de-açúcar	29
2.4. A importância e as perspectivas da bioeletricidade	31
3. SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL ...	39
3.1. Aspectos ambientais relativos à produção de etanol.....	40
3.1.1. Uso de água	40
3.1.2. Uso e ocupação do solo.....	43
3.1.2.1. Mudanças indiretas da ocupação e uso do solo	47
3.1.3. Uso de defensivos agrícolas e fertilizantes	54
3.1.4. Emissões atmosféricas	58
3.1.5. Balanço energético.....	63
3.2. Aspectos sociais relativos à produção de etanol	64
3.3. Aspectos econômicos relativos à produção de etanol	71
4. POLÍTICAS E INICIATIVAS VISANDO GARANTIR A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DOS BIOCOMBUSTÍVEIS	74
4.1. Iniciativas governamentais internacionais.....	75
4.1.1. Diretiva Europeia.....	76
4.1.2. Low Carbon Fuel Standard	78
4.1.3. Energy Independence and Security Act.....	79
4.2. Iniciativas governamentais nacionais.....	81
4.2.1. Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar	81

4.2.2.	Zoneamento Agroambiental do Estado de São Paulo.....	83
4.2.3.	Protocolo Agroambiental do Estado de São Paulo.....	84
4.3.	Iniciativas voluntárias internacionais	86
4.3.1.	Roundtable on Sustainable Biofuels.....	86
4.3.2.	Global Bioenergy Initiative.....	90
4.4.	Iniciativas voluntárias nacionais	91
4.4.1.	Programa Brasileiro de Certificação em Biocombustíveis	91
5.	PANORAMA MUNDIAL DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS	92
5.1.	Experiências internacionais e políticas de incentivo à produção e uso de biocombustíveis	94
5.1.1.	América Latina e Caribe	95
5.1.2.	África	98
6.	DESAFIOS E CONDICIONANTES EXISTENTES À PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE ETANOL DE FORMA SUSTENTÁVEL NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO	101
6.1.	Condicionantes institucionais	101
6.2.	Condicionantes econômicas.....	103
6.3.	Barreiras ambientais.....	107
6.4.	Barreiras sociais	108
7.	PROPOSTA VISANDO À PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO	110
7.1.	Propostas no âmbito institucional	111
7.2.	Propostas na esfera econômica	113
7.3.	Propostas relativas aos impactos ambientais	114
7.4.	Propostas na área social.....	117
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
9.	REFERÊNCIAS	124

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico de países em desenvolvimento e a manutenção dos padrões de consumo nos países desenvolvidos elevam o consumo mundial de energia. Concomitantemente, observamos a depleção das reservas de petróleo e as alterações climáticas globais causadas por ações antrópicas, com destaque para o uso de combustíveis fósseis.

Neste contexto buscam-se formas alternativas de energia e tecnologias modernas que possam substituir os combustíveis fósseis e mitigar as emissões de gases que causam o efeito estufa.

As tecnologias mais promissoras são aquelas baseadas em fontes renováveis de energia, tais como os painéis solares e os aerogeradores. Entretanto para o setor de transportes, que foi responsável por 23% das emissões globais de dióxido de carbono em 2009 (IEA 2011), a opção comercialmente disponível mundialmente são os biocombustíveis, uma vez que veículos elétricos ou movidos a hidrogênio, bem como a infraestrutura para sua utilização, ainda necessitam de desenvolvimento tecnológico adicional.

Desta forma, os biocombustíveis estão adquirindo uma importância cada vez mais significativa no que diz respeito à redução das emissões de gases de efeito estufa e na redução da dependência de combustíveis fósseis.

No entanto, os biocombustíveis não são produzidos em todos os países e para garantir uma oferta em larga escala é indispensável que seja desenvolvido o comércio internacional destes produtos. Porém, há preocupações crescentes, principalmente dos países importadores, com a produção sustentável dos biocombustíveis.

Assim, com o declarado intuito de garantir que a proteção ao meio ambiente e as questões sociais estejam sendo respeitadas em toda a cadeia produtiva, e de que efetivamente exista uma redução das emissões de gases que provocam o efeito estufa, como resultado do uso de biocombustíveis, iniciou-se na Europa a elaboração de critérios de sustentabilidade a serem

seguidos pelos produtores de biocombustíveis que, por meio de esquemas de certificação, deveriam comprovar a adequação de seus produtos.

Como definido pelo Relatório Brundtland (1987) os sistemas sustentáveis são aqueles capazes de “satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer as futuras, atendendo ao equilíbrio social e ecológico, bem como as necessidades dos mais pobres”; no entanto a dificuldade em determinar a sustentabilidade de um sistema energético é enorme e depende não apenas do recurso energético propriamente dito e sua origem, mas também da maneira como é empregado.

No caso específico da energia, este tópico é de especial importância uma vez que as projeções apontam, em um cenário baseado nas atuais políticas para o setor energético, um crescimento do consumo de energia mundial de 47% entre os anos de 2008 e 2035 (OECD/IEA 2010), calcado no aumento do uso de carvão e gás natural.

Tendo em vista os impactos decorrentes do uso intensivo de combustíveis fósseis, e a oportunidade de reduzir suas emissões por meio da adoção de energias renováveis em suas matrizes energéticas, países, principalmente os desenvolvidos, criaram metas de utilização de biocombustíveis.

O compromisso assumido pela União Europeia estabelece metas que determinam a participação de 20% de energias renováveis no consumo global da Comunidade e, no setor de transportes, no mínimo 10% de fontes renováveis, até 2020 (PÖTTERING E NEČAS 2009).

Dentro deste programa de utilização de bioenergia o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia estabeleceram a Diretiva 28/2009 sobre promoção do uso de energia a partir de fontes renováveis. Esta Diretiva também define critérios de sustentabilidade que devem ser obedecidos pelos países que desejem fornecer biocombustíveis aos países membros do bloco.

Outra iniciativa que também será determinante para o mercado mundial de biocombustíveis, por suas proporções, partiu do governo norte-americano que instituiu, em 2007, o Ato de Segurança e Independência Energética (EISA - *Energy Security and Independency Act*) estabelecendo um consumo mínimo no país de 45 bilhões de litros de biocombustíveis em 2010, atingindo 136 bilhões de litros em 2022. Entretanto a legislação identifica três tipos de biocombustíveis, que deverão ser responsáveis por atender cerca de 60% desta meta (88

bilhões de litros). São eles: etanol celulósico, diesel de biomassa e “outros avançados”. Para ser classificado como “avançado” o biocombustível deve reduzir as emissões de gases de efeito estufa, considerando todo seu ciclo de vida, comparativamente à gasolina, em 50%.

Estes foram os níveis de redução de emissões de gases de efeito estufa para os biocombustíveis adotados pela Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (EPA – Environmental Protection Agency) e, segundo cálculos da Agência, em um dos cenários desenvolvidos, o etanol brasileiro reduz em 61% as emissões de gases que provocam o efeito estufa (EPA 2010).

À parte das regulamentações oficiais, um grande debate acerca do tema tem se formado. Existem iniciativas legítimas que discutem a sustentabilidade com o intuito de obter avanços que sejam realmente produtivos, por outro lado, há tentativas de desconstruir o debate, com afirmações tendenciosas e equivocadas.

Com relação às vantagens relativas ao uso de biocombustíveis, questiona-se a substituição de culturas alimentares e o consequente impacto no preço mundial de grãos. De fato, essa troca de culturas aconteceu nos Estados Unidos, em 2007, quando a produção de soja foi reduzida para dar espaço ao milho, utilizado naquele país para produzir etanol (NAYLOR, et al. 2007).

Foram publicados trabalhos que em Laurence (2007), Fargione et al (2008) e Searchinger et al. (2008) relacionaram as mudanças diretas e indiretas do uso do solo para produzir biocombustíveis às emissões de gases de efeito estufa, afirmando que os combustíveis renováveis podem não trazer uma contribuição para a redução de emissões caso tenham sido produzidos a partir da devastação de florestas e da substituição de culturas.

Entretanto estes autores assumem em seus estudos condições de contorno equivocadas uma vez que não é possível considerar que todos os biocombustíveis sejam produzidos da mesma maneira em todos os lugares do planeta. Existe uma diversidade de matérias-primas, técnicas agrícolas, métodos produtivos e tecnologias aplicadas que devem ser ponderadas, pois estes fatores influenciam diretamente o balanço energético, e consequentemente, o balanço de gases de efeito estufa do biocombustível produzido (GOLDEMBERG; GUARDABASSI, 2009).

A discussão acerca da relação entre o aumento do preço do petróleo e as commodities agrícolas persiste, tendo defensores de ambos os lados. Enquanto Esmaeili e Shokoohi (2011);

Zhang et al (2010) e Brahmhatt e Canuto (2010) atestam não haver relação direta de longo prazo entre estes preços, Gohin e Chantret (2010) e Chen, Kuo e Chen (2010) afirmam a existência de tal relação.

No que diz respeito às emissões causadas pelos efeitos indiretos da mudança de uso do solo a discussão se torna ainda mais complexa. Os estudos realizados utilizam modelos para determinar qual seria o efeito da substituição de uma atividade agrícola por outra e onde esta mudança indireta seria causada. Entretanto este tipo de análise, quando realizada por modelos, não consegue captar a dinâmica do processo e ademais não considera o aumento da produtividade agrícola. Um exemplo do impacto negativo que pode ser causado pelo uso de modelos não adaptados às condições locais aconteceu pelo modelo utilizado pela EPA para determinar as emissões de gases de efeito estufa evitadas pelo uso de etanol do Brasil. Segundo os cálculos da Agência este fator seria de 41%, entretanto NASSAR et al (2010) desenvolveram um modelo chamado BLUM (*Brazilian Land Use Model*) capaz de captar a dinâmica do uso do solo no Brasil e que foi acoplado como um novo módulo do modelo utilizado pela EPA, obtendo um valor de redução de 61%.

De todas as maneiras, é fundamental que os países produtores de biocombustíveis não sejam prejudicados pela adoção de um modelo de certificação que imponha critérios demasiadamente exigentes e em descompasso com seu estágio de desenvolvimento.

Tais esquemas são válidos no sentido de assegurar que a produção de biocombustíveis seja realizada de modo a respeitar o meio ambiente e os direitos dos trabalhadores; entretanto, em muitos países, a legislação existente, desde que aplicada com rigor, é suficiente.

Visando colaborar com a discussão sobre a produção sustentável de etanol a partir de cana-de-açúcar nos países em desenvolvimento esta tese analisa os aspectos ambientais, sociais e econômicos relacionados à produção de etanol no Brasil e propõe políticas que induzam a produção sustentável deste biocombustível, que possam ser implementadas em outros países em desenvolvimento.

A originalidade da mesma consiste na identificação dos obstáculos existentes à produção de etanol de cana-de-açúcar de forma sustentável nos países em desenvolvimento, bem como na proposição de políticas e ações que tornem esta produção viável nestes países e também nos países menos desenvolvidos.

Há estudos recomendando políticas para a produção de biocombustíveis em países em desenvolvimento, tais como CGEE (2009) que propôs diretrizes para a elaboração de um marco regulatório visando à criação de um mercado de biocombustíveis em países em desenvolvimento; porém a certificação socioambiental é tratada de maneira genérica, sem qualquer discussão mais aprofundada sobre o tema. Em Mitchell (2010) são apresentadas as principais barreiras existentes à introdução da produção de biocombustíveis na África, dada a realidade daqueles países. Contudo os aspectos relacionados às barreiras ambientais e sociais são mais uma vez tratados de maneira inespecífica, apenas ressaltando ser necessário evitar os impactos negativos ao meio ambiente.

Há também diversos trabalhos que estudam a sustentabilidade da produção brasileira de etanol de cana-de-açúcar (SMEETS et al., 2006; GOLDEMBERG; COELHO; GUARDABASSI, 2008; WALTER et al., 2011) e o papel das políticas públicas para o desenvolvimento bem sucedido do Programa do Álcool no país (LA ROVERE; PEREIRA; SIMÕES, 2011), inclusive ressaltando a potencialidade de replicação da experiência brasileira em outros países em desenvolvimento (GOLDEMBERG; GUARDABASSI, 2009). No entanto não há maiores discussões sobre as principais barreiras existentes à introdução de programas de produção de etanol nos países em desenvolvimento, tampouco sugestões de políticas para superá-las.

Tema correlato foi preliminarmente desenvolvido na dissertação de mestrado (GUARDABASSI, 2006) que identificou os principais aspectos de sustentabilidade referentes à biomassa e apresentou cenários do potencial de produção de etanol nos países produtores de cana-de-açúcar. O estudo concluiu que existe um grande potencial de produção de etanol nos países produtores de cana-de-açúcar, porém a implementação desta atividade depende de políticas públicas, tais como a criação de um mercado consumidor. Ainda assim, no início das atividades, poderá ser necessário o subsídio do governo, pois os custos de produção em muitos casos, não serão competitivos com os combustíveis fósseis. O Brasil enfrentou esta mesma situação no início do Proálcool, e a experiência do país nos mostra que os resultados, em médio e longo prazos, são bastante positivos.

A opção por analisar, nesta tese, países da África e da América Latina e Caribe é baseada no fato deste grupo de países estar localizado em regiões cujas condições climáticas são favoráveis à produção de cana-de-açúcar (FISCHER et al., 2008) (SMEETS et al., 2007) e,

além disso, por grande parte destes países serem produtores de açúcar. No caso dos 49 países classificados pela Organização das Nações Unidas como “menos desenvolvidos”, o acordo conhecido como “*Everything but Arms*”¹ (“Tudo exceto armas”) garante acesso livre ao mercado da União Europeia para todos os produtos, com exceção às armas, tais países poderiam expandir sua produção canavieira e agregar a produção de etanol às suas atividades.

Nesta tese será analisada apenas a produção de etanol, com base na experiência brasileira e na possibilidade de replicação de medidas que levaram o Programa do Álcool a ser bem sucedido. As perspectivas para a produção de biodiesel não serão abordadas uma vez que o Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), instituído pelo Governo Federal em 2003, por ser um Programa recente ainda não atingiu a mesma maturidade que a Programa do Álcool, carecendo de desenvolvimento tecnológico que permita a produção de biodiesel por via etílica, além de atingir o objetivo de utilizar oleaginosas regionais e provenientes de agricultura familiar, diversificando as matérias-primas que atualmente se restringem ao óleo de soja (86%), sebo bovino (9%) e óleo de algodão (3%) e está concentrada na região Centro-Sul do país, responsável por 91% da produção nacional (MME 2011).

Inicialmente a tese revê a literatura existente relacionada aos aspectos de sustentabilidade da produção de biocombustíveis, bem como os dados referentes à produção nacional; e revê também a literatura internacional no que se refere aos critérios de sustentabilidade e esquemas de certificação. Será apresentado também um panorama geral da produção internacional de biocombustíveis, as perspectivas de utilização e serão discutidas as implicações dos esquemas de certificação nos países produtores de biocombustíveis.

Desta forma a tese foi organizada em sete capítulos, além desta introdução.

O segundo capítulo apresenta um panorama do setor sucroalcooleiro nacional, a produção de etanol do Brasil iniciando com o histórico da utilização deste biocombustível, discutindo os aspectos econômicos e as perspectivas para o setor.

Por sua vez o terceiro capítulo discorre sobre os aspectos ambientais e sociais, mostrando quais são os principais impactos decorrentes da produção de etanol e quais medidas estão sendo tomadas para minimizar danos.

¹ No caso específico do açúcar, entre 1 de outubro de 2009 e 30 de setembro de 2012, o importador deve garantir um preço mínimo de compra do produto que não seja inferior a 90% do seu preço de referência (Comissão Europeia, 2010)

O capítulo quatro é dedicado às iniciativas nacionais e internacionais relativas à produção sustentável de biocombustíveis e sistemas de certificação.

O panorama da produção mundial de biocombustíveis e as perspectivas de expansão são o tema do quinto capítulo, que apresenta uma relação de países onde estão sendo adotadas políticas visando introduzir e incentivar o uso de combustíveis renováveis.

A originalidade desta tese se concentra nos capítulos seis e sete, nos quais, respectivamente, são identificadas as barreiras à produção de biocombustíveis em países em desenvolvimento nas regiões com maior potencial produtivo e apresentadas as propostas de ações que viabilizem a produção sustentável de biocombustíveis em países em desenvolvimento.

Por fim, no oitavo capítulo são apresentadas as principais conclusões da tese.

Assim sendo, o que se pretende demonstrar neste trabalho é que a produção de etanol de cana-de-açúcar de maneira sustentável é possível não apenas no Brasil, mas outros países em desenvolvimento podem também implantar esta atividade utilizando a experiência acumulada pelo Brasil. Para isto são necessárias políticas públicas adequadas que forneçam diretrizes ao setor produtivo e segurança aos investidores.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO BRASILEIRO

A atividade de produção de cana-de-açúcar está estabelecida no Brasil desde 1532, tendo sido o açúcar era o principal produto brasileiro nos séculos XVI e XVII.

O setor sucroenergético, mais recentemente, tornou-se responsável por 2% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, o que equivale a US\$ 28,15 bilhões (NEVES; TROMBIN; CONSOLI, 2009a).

Este capítulo irá apresentar um breve histórico sobre a introdução do etanol na matriz energética brasileira, um panorama da situação atual do setor sucroalcooleiro, além de discutir as principais diferenças entre as duas regiões produtoras no país.

2.1. Histórico da introdução do Proálcool

A utilização de etanol anidro misturado à gasolina foi autorizada, pela primeira vez, em 1938 (Decreto-Lei 737/38), tornando-se obrigatória em 1941, quando o Governo Federal passou a determinar a porcentagem da mistura.

Em 1975, foi instituído o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) e as diretrizes para o seu desenvolvimento (Decreto 76.593, de 14 de novembro de 1975) cujo objetivo era expandir a produção e uso energético de etanol anidro.

Este Decreto também assegurava aos produtores de álcool anidro carburante paridade de preço com o açúcar, com o intuito de garantir o suprimento do mercado.

O país continuou utilizando apenas o etanol anidro misturado à gasolina até o final da década de 1970, quando foi iniciada a produção de veículos que utilizassem apenas o etanol hidratado como combustível.

Durante a década de 1980, o consumo de etanol hidratado cresceu muito e 85% dos automóveis novos eram dedicados a este combustível. Entretanto, em 1985, devido a uma série de fatores: o “contrachoque do petróleo” que derrubou o preço do combustível fóssil de US\$ 35 por barril (1980) para US\$ 15 por barril (1988), a falta de recursos para subsidiar o Programa do Álcool, e a maior atratividade do preço do açúcar no mercado internacional; a produção de etanol hidratado foi reduzida, causando desabastecimento do mercado interno, o que levou o Governo Federal a importar metanol e reduzir o teor de etanol anidro misturado à gasolina (BNDES; CGEE, 2008). Longas filas se formavam nos postos de gasolina, e a confiança dos consumidores foi fortemente afetada. Como consequência, a produção dos chamados “carros a álcool” foi decrescendo até praticamente deixar de existir no final da década de 1990, que também foi afetada pela política do governo de incentivo aos veículos “populares” – até 1000 cilindradas, projetado para ser movido a gasolina.

A desregulamentação do setor teve início em 1991 com o fim dos subsídios; em 1995 os preços do etanol encontram-se liberados em toda a cadeia de produção, distribuição e revenda, passando a ser determinados pelas forças de mercado (NEVES; CONEJERO, 2010).

2.2. Panorama da situação atual do setor

Foi em 2003, com o lançamento dos motores bicomcombustível, que o setor voltou a crescer. Desta vez, o consumidor tem a opção de escolher o combustível que deseja utilizar, e assim a confiança foi restabelecida. Até dezembro de 2011 haviam sido comercializados cerca 15,4 milhões de veículos bicomcombustível no país, sendo que naquele ano 83,1% dos veículos leves novos comercializados no Brasil eram bicomcombustível (Figura 1).

Figura 1 - Produção de veículos bicomcombustível

Fonte: (ANFAVEA 2012)

Para suprir a demanda do mercado interno, o setor sucroalcooleiro aumentou sua produção, e atraiu investimentos, inclusive internacionais. Tais investimentos ocorreram tanto na forma de aquisição de capital de empresas existentes como instalação de novas unidades. De acordo com levantamento realizado pelo Sindicato de Indústria da Fabricação do Alcool no estado de Minas Gerais (SIAMIG) e pelo Sindicato da Indústria do Açúcar no estado de Minas Gerais (SINDAÇUCAR/MG), durante a safra 2007/2008, haviam 343 usinas em operação no país (CONAB 2008), e empresas internacionais estavam presentes em 31 usinas em operação e 34 em construção, em participações que variavam de 2% a 100%, tendo sido responsáveis pela moagem de 11,63% da cana produzida no país no decorrer aquela safra (NEVES; CONEJERO, 2010).

Em 2010, haviam 426 unidades produtoras registradas pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária, conforme detalhado adiante.

O setor sucroalcooleiro brasileiro apresentou forte crescimento nas últimas safras. A produção de etanol cresceu de 14,8 bilhões de litros na safra 2003/2004 para 25,7 bilhões de litros na safra 2009/2010 (Figura 2).

Figura 2 - Produção nacional de etanol
 Fonte: (UNICA 2009) e (CONAB 2011)

Neste mesmo período a produção de cana-de-açúcar elevou-se de 340 milhões toneladas para 600 milhões de toneladas. Porém, para a safra 2011/2012 observa-se, no Centro-Sul, uma redução de cerca de 10% na quantidade de cana-de-açúcar processada.

A partir da crise econômica mundial em 2008, o setor passou por uma fase de consolidação e os investimentos foram direcionados a aquisição de companhias em difícil situação financeira. Assim sendo, a capacidade produtiva ficou estagnada, enquanto a demanda continua a crescer, principalmente devido ao aumento da frota de veículos leves, reflexo do bom momento econômico que o país atravessa.

Somou-se ainda a falta de investimentos, por parte do setor, na renovação dos canaviais, cuja consequência é a redução da quantidade de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR). De acordo com a UNICA, desde o início da safra a setembro de 2011, a concentração de ATR caiu 3,63% em relação ao observado no mesmo período de 2010 (UNICA 2011). A produção de etanol deve cair cerca de 30%.

2.3. Características regionais da produção de cana-de-açúcar

No que diz respeito às características produtivas do setor sucroalcooleiro, existem diferenças entre as regiões Centro/Sul e Norte/Nordeste.

De acordo com levantamento realizado pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária (MAPA, 2010), em abril de 2010, haviam cadastradas no Departamento da Cana-de-açúcar e Agroenergia, 426 unidades produtoras, das quais 345 estão localizadas na região Centro-Sul e 81 na região Norte-Nordeste, como detalhado na Figura 3, abaixo.

Figura 3 - Distribuição das unidades produtoras de açúcar e álcool
Fonte: (MAPA 2010)

Entretanto este desenvolvimento da região Centro/Sul aconteceu após a introdução do Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL) com consequência dos investimentos direcionados ao desenvolvimento tecnológico à época. A região Nordeste foi importante produtora de cana-de-açúcar, ainda nos tempos do Brasil Colônia e durante a 2ª Guerra

Mundial a Região Norte/Nordeste produzia etanol que supria inclusive o Estado de São Paulo (CGEE 2008).

Como se observa na Figura 4, até o início da década de 1980, as produções regionais não eram muito discrepantes, mas com o passar do tempo a região Centro/Sul apresentou um grande aumento da produção enquanto o Norte/Nordeste permaneceu estagnado no mesmo patamar.

Figura 4 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil
Fonte: (UNICA 2009) e (CONAB 2011)

Esta diferença regional de concentração ocorre devido, principalmente às condições de relevo e pluviosidade que são desfavoráveis em comparação ao Centro/Sul. No Norte/Nordeste, a distribuição de chuvas é irregular, apresentando longos períodos de seca, a fertilidade do solo é baixa e os terrenos com declividade acima de 12% (que impossibilita a colheita mecanizada com os equipamentos existentes). A necessidade de irrigação e práticas de colheita diferenciadas em terrenos com maior declividade aumentam os custos de produção, colheita e transporte da cana (CGEE 2008).

Um fator positivo e que pode incentivar a produção de cana-de-açúcar e seus produtos na região Nordeste, é a proximidade dos grandes centros consumidores e dos portos – que estão a cerca de 100 km – uma distância inferior ao que se encontra na região Centro/Sul (cerca de 500 km) e que favoreceria o escoamento da produção, principalmente visando os mercados externos (VIDAL; SANTOS; SANTOS, 2006).

A região da Zona da Mata apresenta as melhores condições de clima e pluviosidade, no entanto não há mais condições para expansão da área destinada à cultura de cana-de-açúcar, sendo que o aumento da produção deverá ser obtido pelo incremento da produtividade agrícola e industrial, redução de perdas e ampliação da irrigação (VIDAL; SANTOS; SANTOS, 2006).

Embora o custo de produção da cana-de-açúcar e seus derivados seja maior nos estados do Nordeste em comparação aos estados do Centro-Sul, principalmente pela necessidade de irrigação e pelos menores índices de produtividade agroindustrial, ainda assim seus produtos são competitivos economicamente com o açúcar e o etanol produzido em outros países. Isso por que o custo de produção do açúcar é de aproximadamente US\$ 180/t no Centro-Sul e US\$ 210/t no Norte-Nordeste brasileiro, enquanto nos demais países produtores atinge valores de US\$ 334/t quando produzido a partir da cana-de-açúcar e US\$ 713/t quando a matéria-prima é a beterraba (VIDAL; SANTOS; SANTOS, 2006).

2.4. A importância e as perspectivas da bioeletricidade

Além de açúcar e etanol, a bioeletricidade gerada a partir da queima do bagaço de cana é também um produto com importante e crescente participação nos negócios das usinas. Esta fonte de eletricidade suplementa a geração hidrelétrica e colabora para a diversificação da matriz energética, bem como para o aumento da segurança de suprimento por meio da geração descentralizada.

Durante muitos anos, desde o início do Proálcool, o bagaço de cana era tido como um subproduto indesejado. Produzido em grandes quantidades e de difícil armazenagem, a

queima do bagaço nas caldeiras foi adotada não apenas como uma solução energética. Neste período as caldeiras das usinas eram reguladas de forma a queimar a maior quantidade de bagaço possível, e a grande abundância de energia hidrelétrica levava à uma legislação que praticamente impedia a venda de excedentes de energia para a rede (MACEDO, 2005).

Em 1996, por meio do Decreto Presidencial 2003, é criada a figura do Produtor Independente de Energia e começa a ser desenvolvido um ambiente regulatório propício ao melhor aproveitamento da energia produzida nas usinas, entretanto não havia atratividade para este tipo de investimento. Essa realidade começou a mudar no ano de 2001, quando o Brasil foi afetado por uma grave crise de abastecimento de energia e alguns produtores do setor sucroalcooleiro que já produziam excedente de eletricidade, perceberam o nicho de mercado existente.

Desde então, as usinas progressivamente introduziram equipamentos mais eficientes, com o intuito de produzir excedente de eletricidade a ser comercializado.

O Programa de Incentivo à Fontes Alternativas (PROINFA), instituído pelo governo brasileiro em 2002 com o objetivo de aumentar a participação de fontes renováveis na matriz energética nacional, também foi um fator importante neste momento, porém os preços oferecidos à energia de biomassa produzida a partir do bagaço de cana não foram atrativos para grande parte dos empresários, que preferiram procurar o mercado atacadista. Assim, o setor que possui um grande potencial de geração de energia e utiliza tecnologias comercialmente disponíveis, foi aquele que apresentou o menor número de projetos. De acordo com informações da Eletrobrás, foram contratados no âmbito do PROINFA 685 MW em projetos de biomassa (incluindo biogás, casca de arroz, madeira e bagaço de cana), mas isso não significa que o setor não esteja investindo na bioeletricidade.

De acordo com a Associação da Indústria de Cogeração de Energia (COGEN), entraram em operação no Brasil, entre 2001 e 2010, 141 unidades de geração de bioeletricidade, cuja potência instalada total é de 4.527 MW conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Centrais de bioeletricidade em operação no Brasil desde 2001

Fonte: (COGEN 2011)

O Plano Decenal de Energia 2019 (MME 2010) prevê que o consumo de energia no País aumentará de 338 TWh em 2010 para 633 TWh em 2019. Assim será necessária a construção de novas usinas geradoras. É sabido que grande parte do potencial hídrico do Brasil encontra-se na região Amazônica, e a instalação de empreendimentos como a usina de Belo Monte devem ser evitados como forma de preservar seu patrimônio ambiental. Sob esta perspectiva a viabilização e incentivo ao melhor aproveitamento dos resíduos da indústria de cana-de-açúcar parecem bastante oportunos.

Como mencionado anteriormente, as usinas do setor sucroalcooleiro estão dispersas geograficamente e, por meio da geração distribuída de eletricidade colaboram para aumentar a segurança do sistema elétrico nacional. No entanto, esta dispersão das unidades geradoras cria uma barreira: a distância às subestações de energia e acesso à rede coletora de energia.

A solução adotada à época do Leilão de Energia de Reserva foi a implantação de uma rede coletora destinada a servir diversos empreendimentos compreendidos em uma região. No entanto, o custo de tal solução não a qualifica como uma alternativa ideal, sendo recomendada a realização de um reforço da rede básica em regiões potencialmente produtoras de bioeletricidade (CASTRO; BRANDÃO; DANTAS, 2010).

A responsabilidade pelos custos de conexão ao Sistema Interligado Nacional ainda é um ponto sem consenso. Pela legislação em vigor no país estes custos são de responsabilidade da

unidade geradora, no entanto o setor entende que esta é uma barreira ao incremento da venda de eletricidade pelo setor sucroalcooleiro (NEVES; CONEJERO, 2010).

O potencial de geração de bioeletricidade pelo setor sucroalcooleiro nacional apresentado na Tabela 1 baseia-se nas estimativas de crescimento da moagem de cana-de-açúcar dos atuais 600 milhões de toneladas para 1,0 bilhão de toneladas em 2020. Além desta expansão, a obrigatoriedade de colheita de cana sem queima prévia dos canaviais aumenta a quantidade de resíduos disponíveis para serem utilizados como insumo energético. Há ainda o incremento das tecnologias de cogeração em uso. Enquanto as usinas já existentes possuem tecnologias que geram cerca de 40kWh/tc processadas, as novas unidades estão adotando sistemas de cogeração de extração-condensação capazes de produzir 96 kWh/tc, dos quais 80 kWh/tc podem ser exportados, utilizando o bagaço de cana como combustível. Ao acrescentar o palhico, este potencial sobe para 200 kWh/tc (KITAYAMA 2008 *apud* CASTRO, BRANDÃO E DANTAS 2010). Estas tecnologias encontram-se disponíveis comercialmente.

Tabela 1 - Potencial de Cogeração de Energia no Setor Sucroalcooleiro

Safra	Cana moída (milhões de toneladas)	Potencial de geração (MW médio)
2012/2013	696	9.642
2015/2016	829	11.484
2020/2021	1.038	14.379

Nota: as premissas dessas estimativas são a utilização da tecnologia de extração-condensação e o aproveitamento de 75% do bagaço e 50% da palha disponíveis.

Fonte: Castro; Brandão; Dantas, 2010

Estudo que traçou o perfil da geração de termelétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar publicado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB 2011), com base em levantamento realizado por meio de visita a 393 usinas em operação, mostra que na safra 2009/2010, 88,78% do bagaço de cana produzido foi utilizado como combustível no setor, sendo que 48,4% das unidades industriais vendem energia a terceiros e 51,6% geram apenas para consumo próprio, mostrando que a disseminação da produção de eletricidade no setor ainda é bastante limitada. O relatório revela que a capacidade instalada no setor é de 5,9 GW, tendo sido gerados 20 TWh, dos quais 12,5 TWh utilizados para consumo próprio; no entanto ainda há mais de 70% das usinas distantes da integração com rede de distribuição.

Em relação à tecnologia em uso, o documento atesta a existência de uma relação direta entre o tamanho da usina (leia-se sua capacidade de moagem) e a produção de energia. Nas unidades

que vendem eletricidade excedente a capacidade média de moagem é de 2,5 milhões de toneladas de cana por safra, enquanto que as usinas que produzem energia apenas para o autoconsumo a moagem média é de 1,53 milhão de toneladas. Vale ressaltar que dois terços de toda a cana produzida é processada em unidades com capacidade inferior a 3,0 milhões de toneladas de cana por safra, consideradas de médio e pequeno porte.

Em uma simulação da quantidade de energia que poderia estar sendo gerada caso todas as usinas dispusessem da melhor tecnologia em uso em unidades de porte equivalente, o total de energia gerada passaria dos atuais 20 TWh para 39,95 TWh, sendo que o autoconsumo varia pouco pois os demais equipamentos da usina não são substituídos, mantendo assim a mesma demanda energética, e passaria a apenas 15,2 TWh, restando assim 24,7 TWh para serem comercializados, ante os 7,5 TWh realizados. Esta baixa capacidade é reflexo da falta de investimento na reforma dos equipamentos de geração.

O estudo ainda estabelece cenários para a safra 2020/2021, referentes aos potenciais de geração para a próxima década. Considerando a produção de 1,04 bilhão de toneladas de cana-de-açúcar, no cenário conservador, toda a energia é produzida em sistemas equivalentes ao em uso atualmente, no cenário intermediário apenas o bagaço adicional é utilizado em tecnologias eficientes e no cenário otimista toda a geração é baseada em sistemas eficientes. Assim, o potencial de geração de energia varia de 34,46 TWh a 68,73 TWh, sendo o excedente disponível para venda variável de 12,92 TWh a 42,57 TWh (CONAB 2011).

Visando incentivar a produção de eletricidade no setor, o governo do estado de São Paulo desonerou os investimentos em geração por meio da publicação do Decreto nº 57.142, de 18 de julho de 2011, no qual reduz a zero alíquota do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) incidente sobre bens de capital utilizados em sistemas de cogeração de energia pela queima de resíduos da cana-de-açúcar.

A tecnologia que conduziria a um aumento significativo da produção de energia elétrica é a gaseificação de biomassa integrada à turbina a gás (BIG/GT). A gaseificação de biomassa no setor sucroalcooleiro tem sido intensivamente estudada há muitos anos (COELHO, 1992) (WALTER, 1994) podendo aumentar para 270kWh/tc a geração de eletricidade excedente. Entretanto, ainda não existem processos comerciais de grande porte utilizando esta tecnologia no setor sucroalcooleiro.

Com o intuito de suprir as necessidades de pesquisa e inovação nesta área, está sendo implantado o Centro de Desenvolvimento de Gaseificação de Biomassa (CDGB). O projeto, que deverá receber investimentos da ordem de R\$ 80 milhões, será viabilizado por meio de uma parceria entre o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) além de empresas privadas como Oxiteno, Petrobras, Braskem e Cosan. O grupo de pesquisa ainda conta com a participação de Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP). O Centro abrigará uma planta piloto para desenvolvimento da tecnologia de gaseificação utilizando bagaço e palha de cana-de-açúcar como combustível, tendo por objetivo a produção de gás de síntese que poderá ser utilizado não apenas para a geração de eletricidade, mas também na indústria química como matéria-prima para combustíveis renováveis e polímeros (IPT 2011).

A palha da cana representa de 25% a 30% da energia total contida na planta, ou o equivalente a cerca de 10 toneladas/ha.ano de matéria seca (BRAUNBECK; CORTEZ, 2005). Entretanto a colheita da cana crua causa uma série de implicações, cujos efeitos e possíveis soluções estão sendo estudadas. Um problema é a compactação do solo pelas máquinas, e seu empobrecimento pela retirada do material orgânico, como será apresentado no capítulo seguinte desta tese.

Um dos primeiros estudos nesta área foi realizado no âmbito do projeto “BRA/96/G31 – Geração de Energia a partir de Biomassa – Bagaço e Palha de Cana-de-açúcar”, desenvolvido pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) em parceria com a Swedish National Energy Administration e a Comissão Europeia, financiado pelo Global Environment Facility (GEF) e implementado pelo PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento).

Como resultado dos estudos realizados, concluiu-se que a manutenção da palha de cana do campo tem impactos tanto positivos quanto negativos, conforme relacionado abaixo:

- Impactos positivos: proteção do solo contra erosão causada pela chuva e o vento; redução da amplitude da variação térmica do solo devido a proteção à incidência direta de raios solares; incentivo ao aumento da atividade biológica; aumento das taxas de infiltração de água no solo; redução da evaporação de água do

solo e controle de ervas daninhas, resultando em menor uso de herbicidas, ou até mesmo a eliminação de seu uso, implicando redução de custos, de risco de contaminação humana e do meio ambiente.

- Impactos negativos: riscos de incêndio após a colheita, dificuldade para execução de algumas operações agrícolas (cultivo mecânico, fertilização de socas e controle seletivo de ervas daninhas entre a palha); retardamento ou falha na brotação (redução da produtividade devido à temperatura e umidade do solo) e aumento das populações de pragas (cigarrinha) que se abrigam e reproduzem sob a palha (MANECHINI; RICCI JR; DONZELLI, 2005).

Ainda sobre a utilização da palha da cana ademais da cogeração de eletricidade, este material pode ser utilizado como insumo na produção de etanol celulósico. A composição deste resíduo apresenta certa semelhança com o bagaço no que diz respeito à celulose e hemicelulose, porém difere no conteúdo menor de lignina, sendo aproximadamente 30% menor que o do bagaço ou as frações que o compõem, além de um maior teor de cinzas (CGEE 2009).

Muitos esforços estão sendo empreendidos na pesquisa e desenvolvimento da produção de etanol celulósico, o chamado etanol de segunda geração. Esta rota poderá utilizar qualquer material que contenha celulose (bagaço de cana, resíduos agrícolas e florestais) e, teoricamente, permitirá uma maior produção de combustível por unidade de área, sendo então importante para a redução da utilização de terras que podem ser destinadas à produção de alimentos.

Entretanto, a viabilização do uso de bagaço de cana e palhiço para produção de etanol depende não apenas de sua competitividade com o etanol de primeira geração, mas também com a geração de eletricidade, que é o destino atual desta biomassa.

Uma análise detalhada a respeito da destinação dada à biomassa residual da cana-de-açúcar foi desenvolvida por (SEABRA; MACEDO, 2011). Em uma comparação entre a utilização de bagaço de cana para produção de eletricidade ou a produção de etanol celulósico, a produção de eletricidade obtém melhor resultado técnico-econômico (calculado com base na taxa de retorno do investimento) enquanto o etanol celulósico é mais vantajoso no critério ambiental (redução das emissões de gases de efeito estufa). Como ressaltado pelos autores, o etanol celulósico pode obter resultados mais competitivos conforme o desenvolvimento da

tecnologia leve a menores custos de capital e rendimentos maiores, além de uma melhor integração entre os sistemas.

3. SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

De acordo com (OMANN, 2000), sustentabilidade é “fundamentalmente um conceito normativo, contendo valores, padrões de percepção e preferências, os quais precedem a análise científica”, ou seja, é um conceito abstrato no qual estão embutidos uma série de julgamentos de valor, não necessariamente condizentes com os fatos.

O Relatório Brundtland (1987) define os sistemas sustentáveis como sendo aqueles capazes de “satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer as futuras, atendendo ao equilíbrio social e ecológico, bem como as necessidades dos mais pobres”.

Entretanto a dificuldade em determinar a sustentabilidade de um sistema energético é grande e depende não apenas do recurso energético propriamente dito e sua origem, mas também da maneira como é empregado.

Segundo Nogueira (2005), um sistema sustentável de produção e do uso da biomassa depende dos cuidados adotados em todas as etapas do processo, desde o campo até a atividade fim. A sustentabilidade pode ser definida como a “possibilidade dos sistemas energéticos se manterem saudáveis, estáveis e produtivos”.

Os critérios de sustentabilidade que estão sendo propostos, conforme será apresentado no próximo capítulo, abrangem uma grande variedade de aspectos ambientais e sociais que serão discutidos a seguir, para a realidade do setor sucroalcooleiro brasileiro.

Assim sendo, será demonstrado ao longo deste capítulo, que existem medidas que podem ser adotadas pelas usinas de modo a tornar a produção de etanol mais sustentável. Tal conhecimento foi adquirido ao longo de três décadas de produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil e tem contribuído para elevar o grau de sustentabilidade da produção nacional.

3.1. Aspectos ambientais relativos à produção de etanol

Com relação aos impactos ambientais, vale ressaltar que existe no Brasil um arcabouço legal referente aos diversos usos de recursos naturais e que a instalação, ampliação e operação de empreendimentos no país está baseada nos dispositivos da Resolução CONAMA 237, de 1997, a qual define que devem passar por processo de licenciamento ambiental “atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental”.

Assim, observa-se que a grande maioria dos aspectos ambientais analisados pelos esquemas de certificação já são disciplinados pela legislação ambiental vigente no país, nas diferentes esferas de poder.

Neste capítulo serão tratados sob a perspectiva da realidade brasileira, os seguintes itens: uso da água, ocupação e uso do solo, defensivos agrícolas e fertilizantes, emissões atmosféricas e o balanço energético do etanol.

3.1.1. Uso de água

A quantidade de água requerida para a produção de etanol deve ser separada em duas etapas, a etapa agrícola e a etapa industrial.

Na fase agrícola, a irrigação acontece mais frequentemente na região Nordeste, mas é utilizada também no Centro-Sul, principalmente nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e oeste de São Paulo. Há três tipos de irrigação: (a) a irrigação de salvação, aplicada após o plantio da cana visando garantir sua brotação; (b) a irrigação suplementar, que é realizada na época mais críticas do crescimento da planta com o intuito de atenuar déficits hídricos e (c) a irrigação plena, que acontece ao longo de todo o ciclo (SOUZA, 2005).

Praticamente não é necessária irrigação na região Centro-Sul, pois o regime hidrológico, que concentra as chuvas de novembro a março, é compatível com o período e a quantidade requerida pela cultura. A expansão da plantação de cana no Centro-Sul tem levado à incorporação de novas áreas em regiões que apresentam déficit hídrico maior; nestes casos, utilizando técnicas eficientes, a irrigação pode ser economicamente viável (SOUZA, 2005).

A vinhaça, subproduto da fermentação do etanol, é utilizada na fertirrigação, como será discutido no item 3.1.3.

Durante a fase industrial, o uso médio de água de uma usina com destilaria² é de cerca de 22 m³/t cana, entretanto, como a água é utilizada em ciclo fechado, não significa que esta seja a quantidade captada. (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009a).

Amostragens realizadas pelo CTC e pela UNICA, em diferentes anos, no estado de São Paulo mostram que os níveis de captação e lançamento de água tem sido reduzidos; de cerca de 5 m³/t cana captados em 1997, atingiu-se 1,85 m³/t cana em 2004, sendo possível afirmar que o nível de captação é de aproximadamente 1 m³/t cana (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009b).

Observa-se na Figura 6 que ao longo dos anos houve uma mudança nos principais usos de água na indústria sucroalcooleira, que se deve às inovações tecnológicas introduzidas na cadeia produtiva. O maior consumo de água segue sendo nas etapas de resfriamento dos evaporadores e cozedores na produção de açúcar (que teve seu peso relativo elevado) e em etapas de resfriamento na destilaria. Uma das etapas em que está ocorrendo redução do uso de água é a limpeza de cana, cuja tendência é a substituição da água pela limpeza a seco. Um novo uso que não era contabilizado no primeiro levantamento é aquele referente à limpeza dos gases de exaustão da caldeira, que representam atualmente 5% da demanda hídrica da usina.

² Considerando uma usina com “mix” de produção de 50% de açúcar e 50% de etanol

Figura 6 - Distribuição dos usos de água na indústria sucroalcooleira

Fonte: (ELIA NETO, 1996) e (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009 a)

A redução dos níveis de captação de água para patamares próximos a $1 \text{ m}^3/\text{t}$ cana está sendo atingidos por meio do fechamento de circuitos e engenharia básica. No entanto, níveis de captação menores, abaixo de $0,5 \text{ m}^3/\text{tc}$, dependem de inovação tecnológica baseada no uso da água contida na própria cana-de-açúcar. Há no país projetos de pesquisa e desenvolvimento em andamento com o intuito de desenvolver as chamadas Usinas de Água³.

Segundo Elia Neto (informação pessoal)⁴ os principais vetores do desenvolvimento tecnológico que levaram à redução e racionalização do consumo de água no setor sucroalcooleiro no estado de São Paulo são: (a) cobrança institucional pelo uso da água (que já acontece em diversas bacias do Estado); (b) a dificuldade e o alto custo do tratamento de

³ A Usina de Água da Dedini é um conceito que agregando várias tecnologias existentes de engenharia básica dominada pelo mercado (principalmente fechamento de circuitos de água) e alguns projetos de P&D como a concentração de vinhaça que poderia produzir condensado vegetal (originário da cana) com qualidade de reuso (para usos não nobres como lavagem e limpeza). No CTC há um projeto de P&D denominado Usina de Água que objetiva extrair a água da cana (na vinhaça e no condensado vegetal da fábrica de açúcar) com tratamento avançado (por exemplo membranas de osmose reversa) para reuso nobre (água potável). Existe a possibilidade teórica de se chegar a valores bem baixos de captação (abaixo de $0,5 \text{ m}^3/\text{t}$ cana). (Informação pessoal, ELIA NETO, e-mail recebido em 23/03/2011 (andre@ctc.com.br)).

⁴ E-mail recebido em 23/03/2011 (andre@ctc.com.br)

efluentes para lançamento em corpos de água (aliada à fiscalização da CETESB); (c) e o marketing ambiental mostrando que o setor caminha para sustentabilidade (poupa os recursos hídricos).

3.1.2. Uso e ocupação do solo

A questão do uso do solo pela cultura da cana-de-açúcar deve ser discutida nos seus diferentes aspectos. Há a discussão dos aspectos macro, tais como a mudança, direta e indireta, do uso do solo e seus impactos, e existem também os impactos que podem levar à degradação do solo, tais como erosão, compactação, perda de matéria orgânica, entre outras.

A cana-de-açúcar é uma cultura semiperene, isto é, após o seu plantio pode ser cortada diversas vezes antes de precisar ser replantada. Em média, o ciclo produtivo da cana é de seis anos, com cinco cortes.

Práticas agrícolas adequadas são essenciais para garantir a sustentabilidade da produção, e tem evoluído ao longo dos anos, tendo sido observados resultados significativos no que diz respeito ao aumento da produtividade e longevidade dos canaviais e, conseqüentemente, impactando os custos de produção (CGEE 2009).

Os reflexos de tais melhorias podem ser observados nos ganhos de rendimento tanto agrícola quanto industrial, na produção de etanol apresentados na Figura 7.

Figura 7 - Evolução da Eficiência de Produção de Etanol no Brasil

Fonte: (MAPA 2011)

O desenvolvimento tecnológico que aconteceu no Brasil desde o início do Proálcool pode ser observado em diversas áreas, tais como: a produção de variedades de cana adequadas para as mais diversas condições de clima e solo (hoje existem cerca de 500 variedades de cana disponíveis); o controle biológico de pragas, que reduz a aplicação de defensivos agrícolas; a reciclagem de efluentes como vinhaça e torta de filtro; as técnicas e práticas agrícolas e a mecanização da agricultura (CGEE 2009).

No que concerne o uso da terra, o processo mais nocivo à degradação de terras agrícolas é a erosão, porém no Brasil a cana-de-açúcar é cultivada há muitos anos nas mesmas áreas, o que permite obter amplo conhecimento sobre os cuidados a serem tomados para preservar o solo. Comparativamente, a perda de solo sob o cultivo de soja é 62% maior do que a cana-de-açúcar (DONZELLI, 2005), como é de se esperar por ser a cana-de-açúcar uma cultura semiperene e a soja uma cultura anual.

A evolução das técnicas de cultivo e principalmente a introdução da colheita mecanizada estão colaborando para que a perda de solo na cultura canavieira seja ainda menor.

A mecanização da colheita de cana tem dois aspectos principais que estão sendo avaliados. O primeiro é o impacto negativo causado pelo adensamento do solo pelo tráfego de maquinário na lavoura; o segundo é o impacto positivo decorrente da quantidade de material orgânico que permanece no campo, ajudando a prevenir a perda de solo e colaborando naturalmente no incremento de nutrientes.

O aumento da mecanização das práticas agrícolas, principalmente a colheita da cana, está sendo responsável pelo incremento do tráfego de veículos no campo, e consequentemente pela compactação do solo e o pisoteio da linha da cana que são fatores que diminuem tanto a produtividade da cana-de-açúcar quanto a longevidade do canavial (ROSSETTO et al., 2010).

Por este motivo, devem ser adotadas medidas que minimizem este impacto negativo. No curto prazo pode-se adotar o controle do tráfego, porém é necessário o desenvolvimento de novas tecnologias que diminuam o pisoteio do canavial (CGEE 2009).

A manutenção do palhço no campo permite a implementação do sistema de plantio direto⁵, cujas principais vantagens são a redução da erosão, a melhoria das condições físicas e de fertilidade do solo, bem como o aumento do teor de matéria orgânica, nutrientes e água armazenados (CGEE 2009). No entanto (ROSSETTO et al., 2010) afirmam que o plantio direto, da maneira como está sendo utilizado em outras culturas, não poderá ser implementado na cultura de cana-de-açúcar, pois sendo cultura semiperene o solo fica um longo período (cerca de 6 anos) sem ser movimentado, o que dificulta o plantio direto. Neste caso, a técnica de cultivo mínimo⁶ parece ser mais adequada.

Apesar destas controvérsias, além dos benefícios supramencionados, ambas as alternativas de manejo do solo reduzem o uso de máquinas agrícolas e, consequentemente, o consumo de combustíveis em máquinas agrícolas é menor, o que aumenta a sustentabilidade ambiental do cultivo da cana-de-açúcar (CGEE 2009).

As recentes mudanças no sistema de cultivo da cana-de-açúcar, que incluem a introdução da colheita mecanizada e consequente manutenção do palhço no campo, e a mudança direta do

⁵ O sistema de plantio direto é uma técnica de manejo do solo na qual o palhço e outros resíduos agrícolas são deixados na superfície do solo. Apenas o sulco onde serão plantadas as mudas é submetido à operações de preparo.

⁶ A técnica de plantio denominada cultivo mínimo consiste em realizar o preparo do solo apenas na linha de plantio, diferentemente do plantio convencional que prepara a área total.

uso do solo podem causar alterações nos estoques de carbono contidos no solo. Estudos tem sido desenvolvidos com o intuito de compreender tal dinâmica.

Galdos (2007) em pesquisa realizada em área sob cultivo de cana-de-açúcar no estado de São Paulo há cerca de 50 anos, avaliou os efeitos da queima e da manutenção da palhiço sobre os estoques de carbono. Em relação à condição de mata nativa, na área cultivada com cana houve uma redução de 36% no teor de carbono. Na comparação entre a área colhida com queima e aquela sem queima, o teor de carbono é 30% menor no primeiro caso. Quanto ao impacto da manutenção do palhiço no campo não foram obtidos ganhos de carbono nas camadas mais profundas de solo uma vez que o palhiço não foi incorporado ao solo, apenas depositado.

Soares et al (2009) por sua vez, calcularam os efeitos da mudança direta do uso do solo nas emissões de gases de efeito estufa em diferentes cenários. No primeiro caso, considerou-se a substituição de área de grãos⁷ por cana-de-açúcar⁸ e estimou-se emissões do solo de 1,58 tCO₂ equivalente/ha.ano. Para o segundo cenário, foi adotada a substituição de área de pastagem por cana-de-açúcar e, assim, seriam evitadas emissões de 0,64 tCO₂ equivalente/ha.ano.

Ainda em relação à mudança direta do uso do solo, a área a ser plantada deve ter autorização do órgão ambiental competente. De acordo com o Código Florestal brasileiro, é proibida a remoção de matas ciliares em uma extensão de 30 metros a partir da margem (para cursos d'água com até 10 metros de largura) e também é exigido que 20% da área seja preservada (Reserva Legal) com vegetação nativa.⁹

A área de Reserva Legal deve formar os chamados corredores ecológicos, cuja localização estratégica deve receber aval do órgão licenciador. A manutenção de ilhas de biodiversidade leva ao surgimento de espécies com problemas genéticos devido ao repetido cruzamento entre os mesmos indivíduos¹⁰.

No estado de São Paulo, resultados obtidos pelo Projeto BIOTA/FAPESP (RODRIGUES; BONONI, 2008), incorporados na elaboração do Zoneamento Agroambiental, identificaram a necessidade de aumento da conectividade em todo o estado, por meio da proteção dos fragmentos naturais e da restauração das áreas ciliares utilizando-se os mecanismos legais

⁷ Área com 50% de plantio direto no cultivo de soja com rotação de cultura a cada 5 anos utilizando milho.

⁸ 40% sendo colhida crua

⁹ Código Florestal Artigo 2º. Lei 4771/65, alterada pela Lei 7803/89 e Medida Provisória 2166/67.

¹⁰ Comunicação pessoal DEPRN, Luiz Antonio de Queiroz (sma.antonioq@cetesb.sp.gov.br)

vigentes. No total, há 3,5 milhões de hectares de fragmentos florestais remanescentes no Estado. Contudo, para cerca de 80% da vegetação do estado houve recomendação de aumento da conectividade. Estas florestas, se devidamente manejadas e protegidas, podem exercer um papel mais efetivo na conservação da biodiversidade remanescente.

Embora exista todo esse arcabouço legal visando à proteção da natureza e preservação da biodiversidade, é sabido que o setor sucroalcooleiro possui um passivo ambiental muito grande nesta área. Apenas no estado de São Paulo, de acordo com as informações constantes no Protocolo Agroambiental; há o compromisso de serem recuperadas cerca de 265 mil hectares de área de matas ciliares, dos quais 77% encontram-se em áreas de usinas e o restantes pertence a fornecedores. Ainda de acordo com informações da Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo, já foram iniciadas ações para recuperação destas áreas por meio de plantio e isolamento destas áreas além da criação de viveiros de mudas próprios (SMA 2011).

3.1.2.1. Mudanças indiretas da ocupação e uso do solo

A questão mais importante para a qual ainda é necessário obter um consenso metodológico se refere às emissões de gases de efeito estufa decorrentes da mudança indireta do uso do solo. Os esforços para desenvolvimento de uma metodologia de cálculo se concentram na adaptação de modelos já existentes utilizados em diversas áreas e não na criação de uma metodologia inovadora (ICONE 2009).

Como mencionado anteriormente a metodologia de cálculo mais aceita, no Brasil, é aquela desenvolvida pelo Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais (ICONE), em parceria com o *Centre for Agricultural and Rural Development* e o *Food and Agricultural Policy Research Institute* (CARD/FAPRI, Universidade de Iowa), o Modelo de Uso da Terra para a Agricultura Brasileira (BLUM – *Brazilian Land Use Model*) (ICONE 2009). Este modelo foi desenvolvido para analisar e projetar a dinâmica dos principais setores

agropecuários¹¹ no Brasil em um período de 10 anos. O BLUM é um modelo econômico de equilíbrio parcial dividido em dois módulos, sendo o primeiro módulo responsável pela projeção da oferta e demanda de produtos agrícolas, e o segundo módulo capaz de captar as mudanças diretas e indiretas do uso do solo decorrentes das alterações de oferta e demanda. A fim de capturar as peculiaridades regionais e aumentar a precisão das análises, o modelo divide o país em seis regiões geográficas, e contempla também o aumento de produtividade das culturas agrícolas e a intensificação da lotação pecuária, sendo estes os principais diferenciais em relação à outros modelos de projeção que tem sido utilizados para determinar os efeitos diretos e indiretos das mudanças de uso da terra.

Mais recentemente, Nassar et al (2010) desenvolveram uma metodologia para quantificar a contribuição da mudança direta e indireta do uso do solo decorrente da expansão da cultura de cana-de-açúcar para a emissão de gases de efeito estufa. Utilizando uma metodologia de alocação causal com base nos melhores dados históricos do Brasil (dados secundários do IBGE, desagregados em microrregiões), combinado com dados georreferenciados e técnicas de sensoriamento remoto, o estudo analisou o período compreendido entre 2005 e 2008, no qual houve uma expansão total da área de cana de 2,4 milhões de hectares, sendo que a produção de etanol teve acréscimo de 9 bilhões de litros, além do aumento da produção de açúcar. Os resultados obtidos mostram que a mudança direta do uso do solo foi responsável pela supressão de 9,7 mil hectares de vegetação nativa; e a mudança indireta causou a perda de 181 mil hectares de vegetação nativa. Somados, os efeitos diretos e indiretos foram responsáveis pela emissão de 2,4 milhões de tCO₂ equivalente.

Outro ponto polêmico em relação à produção de biocombustíveis, é o impacto do uso de terras para a culturas energéticas ao invés de culturas alimentícias e a consequência desta prática no preço dos alimentos.

Estas questões foram levantadas principalmente a partir de 2008, quando o aumento dos preços dos alimentos foi alarmante; e o aumento da produção de biocombustíveis foi imediatamente identificada como a causa de tal crise. Na verdade, ocorreu um aumento no preço de todas as commodities, causado principalmente pelo aumento do preço do petróleo no

¹¹ O modelo contempla os seguintes produtos: soja, milho (primeira e segunda safra), algodão, arroz, feijão (primeira e segunda safra), cana-de-açúcar, trigo, cevada, pecuária bovina de corte e de leite, frango, ovos e suínos.

mercado internacional e especulação (AJANOVIC, 2010). Este relação pode ser observada na Figura 8.

Figura 8 - Preços de alimentos (eixo y primário) e do petróleo (eixo y secundário) 2000 – 2010

Fonte: (BAZILIAN et al, 2011)

Existem resultados controversos acerca da relação entre o aumento do preço do petróleo e as commodities agrícolas. Enquanto Esmaili e Shokoohi (2011) e Zhang et al (2010) atestam não haver relação direta, de longo prazo entre estes preços, Gohin e Chantret (2010), bem como Chen; Kuo e Chen (2010) confirmam a existência de tal relação.

Por sua vez, Von Braun e Pachauri (2006) afirmam que a alta nos preços de petróleo é um incentivo à produção de biocombustíveis, que por sua vez pressionam a produção de alimentos, causando a alta destes preços no mundo.

Uma análise interessante é a apresentada por Paarlberg (2010), que reforça a importância de manter o problema em perspectiva. Apesar de 70% do aumento da produção adicional mundial de milho, entre 2004 e 2007, ter sido destinada à produção de etanol e metade da produção de colza ter sido utilizada na produção de biodiesel, o aumento da demanda por biocombustíveis no período foi suprida por aumento da oferta, diminuindo a competição entre

os dois usos. Caso a produção de etanol tivesse sido responsável pelo aumento do preço do milho, este deveria ter subido mais acentuadamente do que o preço do trigo, o que não ocorreu. Ele lembra que a quantidade de terras agricultáveis ocupada por culturas para biocombustíveis é pequena: 5% nos Estados Unidos e menos de 4% nos outros quatro países que mais produzem combustíveis renováveis.

A cultura da cana-de-açúcar ocupa uma área de aproximadamente 8,7 milhões de hectares no Brasil, tendo sido incorporados nos últimos 10 anos cerca de 3,8 milhões de hectares, ou seja, um aumento de 79% da área plantada (IBGE 2011), porém, como mostrado na Figura 9, a área dedicada à produção de alimentos não foi reduzida.

Figura 9 - Área colhida das principais culturas no Brasil
Fonte: (IBGE 2011)

No mundo a área dedicada à agricultura, em 2009, era de 1,45 bilhão de hectares (FAO 2011) sendo que cerca de 16 milhões de hectares¹² foram destinados à produção de matérias-primas

¹² Estados Unidos (milho): 11,2 milhões de hectares; Brasil (cana-de-açúcar) 5 milhões de hectares.

para produção de etanol nos países que produzem as maiores quantidades de etanol, Estados Unidos e Brasil, respectivamente.

Paarlberg (2010), também aponta para uma relação direta entre o aumento do preço da energia e alimentos, não só pela necessidade de produzir o biocombustível propriamente dito, mas também pelo uso de combustíveis fósseis ao longo da cadeia produtiva dos alimentos. Para Paarlberg, cada 100% de aumento no preço do petróleo, equivale a 20% de aumento no preço dos grãos. Por outro lado, quando os preços do petróleo caíram rapidamente em 2008, o preço dos grãos também foi reduzido.

Sparovek et al (2009) concluíram que a expansão da cultura da cana-de-açúcar ocorrida entre os anos de 1996-2006, na região que engloba os estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul, resultou na redução das áreas de pastagem e da quantidade de cabeças de gado, sem, no entanto, contribuir para o desmatamento nestes estados. Tal expansão promoveu um crescimento econômico muito superior ao das áreas onde não houve ampliação da cultura canavieira.

Esta substituição de áreas de pastagens por outras culturas está sendo observada no estado de São Paulo (CAMARGO et al., 2008), onde o adensamento da pecuária liberou terras para a cultura canavieira (Tabela 2). Surge aqui, no entanto, um novo ponto de questionamento, a produtividade das novas áreas de pastagem.

Tabela 2 - Evolução do rebanho bovino e da área ocupada por pastagens no Estado de São Paulo

Ano	Rebanho	Área de Pastagem	Lotação
	(milhões de cabeças)	(milhões de hectares)	(cabeças de gado/hectare)
2000	12,90	10,07	1,28
2001	13,15	10,35	1,27
2002	13,46	10,11	1,33
2003	13,76	10,11	1,36
2004	13,77	10,12	1,36
2005	14,07	10,01	1,41
2006	13,75	9,71	1,42
2007	12,20	9,12	1,34
2008	11,98	8,36	1,43
2009	11,01	7,71	1,43
2010	11,37	7,81	1,46

Fonte: IEA, 2011

Esta tendência de intensificação da lotação também é observada nas pastagens do Brasil, no entanto a média nacional é ligeiramente superior ao patamar de 1 cabeça de gado por hectare, como demonstra a Figura 10.

Figura 10 - Evolução da Lotação das Pastagens no Estado de São Paulo e no Brasil
 Fonte: (IEA 2011) (IBGE 2011b)

É possível observar na Tabela 3 a dinâmica da expansão da cultura canavieira em outros estados brasileiros. Houve redução da área florestal nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, porém o crescimento da produção de cana-de-açúcar nestes estados foi significativamente menor do que a área desmatada; e o aumento das áreas dedicadas à soja foi mais impactante. Walter et al. (2008) concluem que o aumento da área cultivada de cana-de-açúcar no estado de São Paulo não está relacionada ao desmatamento ocorrido no Centro-Oeste do país e reforça a hipótese de que a expansão em geral, ocorreu sobre pastagens.

Tabela 3 - Principais alterações no uso do solo em estados produtores de cana-de-açúcar da região Centro-Sul entre 1996 e 2006

Estado	Cana-de-açúcar	Soja	Pastagem	Florestas
(milhões de hectares)				
São Paulo	0,792	0,093	-0,468	0,372
Minas Gerais	0,184	0,538	-4,794	1,428
Paraná	0,133	0,153	-0,942	0,378
Goiás	0,120	1,611	3,880	1,393
Mato Grosso do Sul	0,071	0,811	-3,389	-0,927
Mato Grosso	0,068	1,607	1,357	-3,785

Fonte: WALTER et al., 2008

Em estudo que acompanhou o impacto na produção de leite no interior de São Paulo causado pela implantação do programa “Melhoria do Sistema Produtivo de Pequenos Produtores de Leite no Estado de São Paulo”¹³ do Sebrae-SP, (REIS et al, 2006) observaram, com base no levantamento de dados em 630 propriedades entre janeiro de 2003 e dezembro de 2004, que houve uma redução média da área de pastagem de cerca de 30%, contudo a produção diária de leite por estabelecimento apresentou aumento de 18%, que juntamente com a queda do emprego de pastagem natural indicam evolução no desempenho da atividade. Além disso, houve uma diversificação das atividades produtivas devido à liberação de áreas anteriormente usadas pela pecuária; no início do levantamento apenas 7% da área das propriedades era utilizada para uma atividade não relacionada à pecuária leiteira, contra 35% ao final da pesquisa. Essa diversificação é importante para aumentar a sustentabilidade do negócio. Observou-se também o maior emprego de práticas para a redução de erosão, controle de acidez e fertilidade do solo, além de melhora no manejo do rebanho, que culminaram em um aumento médio de 22,3% na produtividade por vaca. Por fim, os autores calculam que houve um incremento médio de 19,5% na receita bruta média mensal destes produtores.

Egeskog et al (2011) analisaram os efeitos da implantação de um sistema integrado de produção de cana-de-açúcar e laticínios em assentamentos de reforma agrária na região do Pontal do Paranapanema (São Paulo). Esta é uma região tradicionalmente destinada à pecuária e que deve atrair a expansão da produção de cana-de-açúcar. Os autores observaram que

¹³ integraram o Programa as seguintes regiões de: Araçatuba, Barretos, Bauru, Bragança Paulista, Franca, Marília, Microrregião de Araçatuba, Oswaldo Cruz, Ourinhos, Pontal do Paranapanema, Presidente Prudente, Presidente Venceslau, Ribeirão Preto, Tupã e Vale do Ribeira.

muitos produtores que substituíram completamente a produção de laticínios por cana-de-açúcar passam por um período de estagnação econômica. No entanto, a produção conjunta de gado leiteiro e cana-de-açúcar pode coexistir em sistemas nos quais as usinas devolvam parte do bagaço de cana para servir de alimentos ao gado. O estudo demonstrou que este sistema pode aumentar em até dez vezes a renda obtida por estes pequenos produtores com a venda de laticínios.

Conclui-se, pois, que a intensificação da pecuária sem perda de produção é possível, porém falta capacitação e orientação aos pequenos produtores.

Uma maneira adequada de organizar o uso do solo e a expansão da atividade agrícola é realizar um zoneamento agroambiental do território. Tal zoneamento para o setor sucroalcooleiro já foi realizado pelo governo federal para o território brasileiro, conforme descrito no Capítulo 4, porém há também iniciativas estaduais como é o caso de São Paulo e Minas Gerais, por exemplo.

3.1.3. Uso de defensivos agrícolas e fertilizantes

Comparativamente a outras culturas, a cana-de-açúcar se caracteriza pelo reduzido consumo tanto de defensivos agrícolas quanto de fertilizantes convencionais.

No tocante aos defensivos agrícolas, o uso de fungicidas e acaricidas é nulo, e o de inseticidas pode ser considerado baixo. Assim, os herbicidas são os defensivos mais utilizados, uma vez que as plantas daninhas são prejudiciais à cultura da cana-de-açúcar, sendo que perdas de 24% na produção já foram observadas (MACEDO, 2005). A Tabela 4 apresenta o uso de defensivos agrícolas nas principais culturas do Brasil.

Tabela 4 - Uso de defensivos agrícolas nas principais culturas brasileiras (kg de ingrediente ativo/hectare)

Produto	Ano	Cultura				
		Café	Cana-de-açúcar	Laranja	Milho	Soja
Fungicida	1999	1,38	0,00	8,94	0,00	0,00
	2003	0,66	0,00	3,56	0,01	0,16
Inseticida	1999	0,91	0,06	1,06	0,12	0,39
	2003	0,26	0,12	0,72	0,18	0,46
Acaricida	1999	0,00	0,05	16,00	0,00	0,01
	2003	0,07	0,00	10,78	0,00	0,01
Outros defensivos	1999	0,06	0,03	0,28	0,05	0,52
	2003	0,14	0,04	1,97	0,09	0,51

Fonte: MACEDO, 2005 apud BNDES; CGEE, 2008

A broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) é uma das principais pragas, tendo causado grandes perdas aos canaviais no início do Proálcool, porém o controle biológico iniciado na década de 1980 tem sido eficiente e mantido os níveis de infestação inferiores a 3%, desde o início dos anos 1990. Outra praga importante é a cigarrinha (*Mahanarva fimbriolata*) cuja ocorrência nos canaviais tem aumentado como consequência do aumento da área de cana colhida sem queima (CGEE 2009).

O reduzido consumo de defensivos agrícolas no setor é consequência da aplicação de técnicas de melhoramento genético visando o desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar resistente, bem como do controle biológico das principais pragas da cana.

Em relação ao uso de fertilizantes, a cultura da cana é caracterizada pelo reciclo integral dos resíduos para o campo. A aplicação da vinhaça e da torta de filtro; além das cinzas das caldeiras e as águas residuais do processo industrial aumenta a quantidade de nutrientes no campo. O uso destes subprodutos pode aumentar a produtividade e reduzir custos, bem como a necessidade de áreas adicionais de produção.

A vinhaça¹⁴ é produzida em grandes quantidades e é o resíduo com maior potencial poluidor da usina (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009a), no entanto, por conter alto teor de matéria orgânica e potássio, sua aplicação no campo, para fertirrigação, é a melhor opção existente atualmente.

¹⁴ Subproduto do processo de destilação para obtenção de etanol, são produzidos entre 10 e 15 litros de vinhaça por litro de etanol dependendo das características da cana e do processo.

Até os anos 1960 era prática comum o lançamento de vinhaça nos corpos d'água contaminando-os, no entanto este expediente foi proibido pela promulgação de legislação pertinente. À época, a solução técnica adotada foi a criação de áreas de sacrifício onde a vinhaça era depositada. O avanço dos estudos na área mostrou que a aplicação de doses controladas além de representar benefícios econômicos pode ter impacto positivo no que diz respeito à qualidade do solo (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009a).

Avaliação dos efeitos da aplicação da vinhaça *in natura* mostrou benefícios em relação às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de fornecer água e nutrientes e recuperar a fertilidade do solo. Apesar dos aspectos positivos, há concordância dos especialistas da área que doses superiores a 400 m³/hectare são prejudiciais à cana-de-açúcar (SOUZA, 2005).

O gerenciamento inadequado da vinhaça pode ter resultado negativo sobre a qualidade do solo bem como contaminar as águas subterrâneas. Com o intuito de prevenir a ocorrência de poluição e visando proteger o meio ambiente, a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), por meio da Norma Técnica P4.231/05, estabeleceu normas para o armazenamento, transporte e disposição de vinhaça no solo. Porém é necessária fiscalização adequada para garantir o cumprimento da norma.

As águas residuais do processo industrial são aplicadas na lavoura em conjunto com a vinhaça na fertirrigação, ou separadamente, para a irrigação de salvamento. No entanto, a quantidade disponível de águas residuais tende a diminuir com a racionalização dos usos industriais, como mencionado anteriormente (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009b).

Além das características positivas como fertilizante, a vinhaça pode ainda ser aproveitada para a produção de energia. Devido à grande quantidade de matéria orgânica a biodigestão anaeróbia da vinhaça pode produzir biogás com concentração de metano de 50% a 60%. Ademais, este processo reduz o potencial poluidor da vinhaça (não o suficiente para que possa ser lançado em corpos d'água), mantendo suas características minerais.

Considerando a produção de 22,5 bilhões de litros de etanol (safra 2008/2009), o país possui um potencial técnico de geração de energia a partir do biogás de vinhaça de 3.500 GWh na safra (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009b).

O biogás obtido a partir da biodigestão da vinhaça pode também ser utilizado na forma de biometano para substituição do óleo diesel nas máquinas agrícolas (informação verbal)¹⁵..

Apesar de atrativa, atualmente existem no Brasil poucas unidades desenvolvendo projetos de biodigestão da vinhaça devido a problemas técnicos. O principal deles é a presença de antibióticos usados para inibir a proliferação de contaminantes microbianos durante o processo de fermentação dos açúcares contidos no mosto, que acaba por dificultar o processo de biodigestão da vinhaça (informação verbal)¹⁶.

A presença destes microrganismos é responsável por mais de um terço das perdas ocorridas em todo o processo industrial, sendo que o gerenciamento do processo é baseado em técnicas corretivas que utilizam intensivamente ácido sulfúrico e antibióticos. O uso intensivo de antibióticos na indústria de biocombustíveis contribui ainda para o aparecimento de cepas mais resistentes (CENTRO DE TECNOLOGIA COPERSUCAR 1996) apud (NOLASCO JR., 2010)

Nolasco Jr.(2010) avaliou os impactos do tratamento térmico do mosto do caldo de cana visando o controle da presença de contaminantes na fermentação. O autor constatou que tal processo reduz a necessidade de utilização de antibióticos tendo como consequências naturais o aumento, em cerca de 30%, da concentração alcoólica na fermentação e redução equivalente no volume de vinhaça produzida. Isso porque a produção excessiva de vinhaça é uma consequência natural de processos de fermentação de baixo teor alcoólico.

Conclui-se, pois que a redução da produção de vinhaça depende de desenvolvimento tecnológico e também de uma mudança dos processos industriais em uso no setor.

¹⁵ Informação fornecida por José Marcos Gryscek / BRASMETANO. Palestra: Oportunidades do biogás da vinhaça. 3º Seminário Bioenergia: Desafios e Oportunidades de Negócios. São Paulo, 24 de novembro de 2011

¹⁶ Idem

3.1.4. Emissões atmosféricas

Na produção de etanol, as principais emissões acontecem durante a colheita da cana-de-açúcar, seja pelo emprego do fogo previamente à colheita como também pelo uso de veículos e maquinário movidos a combustíveis fósseis.

O modelo tradicional de colheita utiliza fogo preliminarmente à colheita, com o intuito de facilitar o corte manual. Entretanto, o uso de colheita mecanizada elimina a necessidade da queima e, assim, reduz as emissões de poluentes.

Figueiredo e La Scala Jr.(2011) analisaram a consequência da eliminação da queima da palha da cana no balanço das emissões de gases de efeito estufa no Brasil, e concluíram que nos processo de colheita que utilizam fogo previamente à colheita da cana, as atividades responsáveis pela maior quantidade de emissões são o uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos e a queima de resíduos, respectivamente. Uma vez que a colheita de cana crua é implementada, o uso de óleo diesel substitui a queima de resíduos agrícolas. Portanto, considerando-se a eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar e a consequente captura de carbono no solo, os autores concluem que há uma redução de 47,8% das emissões em comparação com o cenário que utiliza a queima como método despalhador.

No que se refere à colheita mecanizada, o Decreto Federal 2.661/1998 que regulamenta o artigo 27 da Lei 4.771/65¹⁷ prevê a extinção do uso de fogo nas plantações de cana-de-açúcar em 25% da área plantada em cada propriedade a cada 5 anos, nas áreas mecanizáveis, ou seja, a completa eliminação do uso do fogo deveria acontecer em 2018. No entanto a efetividade da aplicação desta lei pode ser contestada.

De acordo com Fonseca e Paixão (2010), no estado da Paraíba a colheita de cana é exclusivamente manual. O levantamento realizado pelas autoras junto às cinco destilarias autônomas instaladas no estado mostra que os empresários pretendem introduzir colheita mecânica em suas lavouras (em percentuais que variam de 0 a 50% até a safra 2012/2013), pois reconhecem que esta é uma tendência nacional e que exige uma antecipação dos produtores ao surgimento de uma lei estadual, “como ocorreu no estado de São Paulo”.

¹⁷ A Lei 4.771/65 é conhecida como Código Florestal brasileiro

Levantamento realizado pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) para a safra 2007/2008 corrobora esta situação ao identificar que dentre os estados produtores de cana localizados nas regiões Norte/Nordeste apenas Pará e Rio Grande do Norte utilizavam colheita mecanizada, respectivamente em 50% e 20% das áreas plantadas. Na região Centro-Sul¹⁸ o único estado com pequena participação da colheita mecanizada é o Rio de Janeiro (7% da área) sendo que os demais apresentavam participação maior da colheita mecanizada (CENBIO 2009), provavelmente devido à existência de legislação estadual pertinente ao tema.

De qualquer maneira, para a safra 2007/2008, seguindo o cronograma do Decreto 2.661/98, no mínimo 50% da área mecanizável deveria estar sendo colhida sem emprego do fogo. Ou seja, a legislação federal é completamente desrespeitada e ignorada pelo empresariado.

De fato, alguns estados já possuem legislação específica com metas e cronogramas mais restritivos para a introdução da colheita mecanizada, enquanto outros incluem esta exigência no processo de licenciamento das novas usinas, sem obrigatoriedade para aquelas já existentes.

No estado de São Paulo a Lei Estadual nº 11.241/2002, e o Decreto Estadual nº 47.700/2003 preveem a eliminação gradativa da queima de cana em áreas mecanizáveis até 2021¹⁹. Nas áreas não mecanizáveis o prazo final de eliminação é em 2031. No entanto, o Protocolo Agroambiental, que será detalhado no Capítulo 4, que visa premiar as boas práticas do setor sucroalcooleiro por meio de um certificado de conformidade e outros benefícios prevê a antecipação do prazo final para a eliminação da queima da cana em áreas com declividade até 12% de 2021 para 2014. Em áreas com declividade acima de 12% o prazo final para eliminação deve diminuir de 2031 para 2017. Já os novos empreendimentos paulistas são proibidos de queimar os canaviais, segundo a Resolução SMA 33, de 21 de junho de 2007.

No estado de Goiás há legislação para eliminação da queima da cana-de-açúcar, em especial para novas usinas. A Resolução Estadual-GO n.º 082 de 2007 determina que as licenças ambientais emitidas para as usinas novas no estado deverão ter como condicionante ambiental a não utilização da queima da palha da cana-de-açúcar nos processos de colheita.

¹⁸ Os demais resultados obtidos apontam para a utilização da colheita mecanizada nos seguintes níveis: Espírito Santo 12,7%; Goiás: 40%, Mato Grosso: 33%; Mato Grosso do Sul: 20%; Minas Gerais: 28%; Paraná: 19,4% e São Paulo 47%.

¹⁹ terrenos acima de 150 hectares e com declividade menor que 12%

No estado de Minas Gerais, em 2009, foi aprovada uma Deliberação Normativa²⁰, que regulamenta o Protocolo de Intenções de Eliminação da Queima da Cana no Setor Sucroalcooleiro de Minas Gerais. A Deliberação trata do corte mecanizado e da eliminação da queima da palha da cana, prevista para 2014, excetuando aquelas áreas com declividade acima de 12%, até que sejam desenvolvidas tecnologias para este tipo de terreno.

No Mato Grosso do Sul, a Lei nº 3.357, de 9 de janeiro de 2007, determina a eliminação da queima da palha para a colheita da cana-de-açúcar, em áreas mecanizáveis²¹ até 2026 à razão mínima de 5% ao ano; para as áreas não mecanizáveis não há determinação de uma data para o banimento do uso do fogo, a lei apenas determina que a partir de 2010 seu uso seja reduzido a uma taxa de 5% ao ano até que tais áreas possam ser dispensadas do cultivo de cana-de-açúcar, ou surjam novas tecnologias que permitam sua exploração sem o uso de fogo.

Em nível nacional, o Projeto de Lei 6.077/2009, que propõe o cultivo sustentável da cana-de-açúcar e estabelece as diretrizes para o Zoneamento Agroecológico (ZAE-Cana), indica um cronograma de banimento das queimadas de cana em áreas mecanizáveis que prevê 20% de eliminação de queima no ano 2012, 40% em 2014 e, finalmente, em 2017 a completa eliminação desta prática.

No entanto, o PL ainda encontra-se em tramitação na Câmara dos Deputados, e mesmo que seja aprovado em um futuro próximo tal cronograma não deverá ser adotado, uma vez que, como será discutido adiante, a colheita mecanizada é realizada com equipamentos modernos com alto nível de tecnologia embarcada, que requer mão-de-obra qualificada para sua operação. Em relação ao canavial propriamente dito, são necessárias adaptações para permitir o trânsito do maquinário, o que demanda tempo e recursos por parte da indústria. No setor, a cada ano aproximadamente 20% do canavial é refeito, ocasião em que as alterações necessárias para a colheita de cana crua podem ser introduzidas.

Em relação à aplicação da legislação estadual, observa-se na Figura 11, no caso do estado de São Paulo, que a implantação da colheita mecanizada está se dando, principalmente nas áreas novas, de acordo com o que está determinado pela legislação. Isso pode ser um reflexo dos investimentos financeiros para aquisição do equipamento e qualificação de mão-de-obra.

²⁰ Deliberação Normativa COPAM nº 133, de 15 de abril de 2009

²¹ A lei considera como mecanizáveis áreas com declive inferior a 12% (doze por cento)

Figura 11 - Evolução da Colheita Mecanizada no Estado de São Paulo

Fonte: (SMA 2011)

Braunbeck e Oliveira (2006) afirmam que a alta declividade dos terrenos é o principal fator limitante da aptidão de uma área canavieira para a colheita mecanizada. Sendo o limite de 12% de declividade estabelecidos por motivos tecnológicos. Esta limitação foi absorvida pelos legisladores e todas as leis e decretos que estabelecem a redução da queima da cana-de-açúcar consideram áreas mecanizáveis aquelas cuja declividade não ultrapassem 12%.

Nesse sentido, Torquato, Fronzaglia e Martins (2010) realizaram um estudo para quantificar as áreas com alta declividade atualmente sendo cultivadas com cana-de-açúcar em alguns estados brasileiros e confirmaram que os estados do Nordeste as áreas aptas para colheita mecânica são menores em comparação à São Paulo, como apresentado na Tabela 5. Dessa forma o desenvolvimento de tecnologias que permita o corte da cana crua em terrenos com maiores declividades é essencial para a manutenção da cultura em grande parte do território de alguns estados

Tabela 5 - Área de colheita mecanizável (> 12% de declividade) dos principais estados do nordeste brasileiro produtores de cana e do estado de São Paulo

Estado	Área de cana dos municípios que participam com 75% área de cana do estado		Área total de cana	
	hectare	% mecanizável*	hectare	% mecanizável*
Paraíba	89.200	63,34	116.115	80,93
Pernambuco	253.918	38,42	336.765	49,97
Alagoas	305.467	48,23	402.253	61,51
São Paulo	2.455.813	68,38	4.122.000	84,10

* elaborado a partir de dados do IBGE, para área plantada com ano no ano de 2006.

Fonte: TORQUATO; FRONZAGLIA; MARTINS, 2010

Em relação à queima de bagaço em caldeiras, a Resolução 382/06 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos segundo a potência nominal do equipamento, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor, a partir da combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar

Potência térmica nominal	Material particulado ¹	NOx (como NO ₂) ¹
Menor que 10 MW	280	Não aplicável
Entre 10 MW e 75 MW	230	350
Maior que 75 MW	200	350

¹ os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e 8% de excesso de oxigênio.

Fonte: CONAMA, 2006

Segundo (IPCC 2005) a fermentação de biomassa para obtenção de álcool é uma fonte de emissões de dióxido de carbono. Teoricamente, observando-se a relação estequiométrica entre os compostos envolvidos na reação de fermentação, cada litro de etanol produziria 0,77kg CO₂.

A captura e armazenamento do carbono produzido nas dornas de fermentação poderia levar à produção de um biocombustível cujas emissões de ciclo de vida fossem negativas, porém a tecnologia que permitiria este benefício estaria disponível apenas em 2050 (IPCC 2005).

Visando contribuir para o desenvolvimento tecnológico nesta área, está sendo elaborado pela Universidade de São Paulo – Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE), via Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), e Instituto de Geologia, o “Projeto RCCS - Captura e Armazenamento do CO₂ proveniente do processo de fermentação do açúcar em etanol no Estado de São Paulo”, de caráter experimental e de demonstração, que contará com o apoio

financeiro de 25% do valor total proveniente do Global Environmental Facility (GEF), e por parceiros como Petrobras, Shell, UNICA e CETESB (informação pessoal)²².

3.1.5. Balanço energético

O balanço energético do etanol de cana-de-açúcar foi avaliado pela primeira vez por Silva et al. (1978) em estudo que comparou a cana-de-açúcar com mandioca e sorgo sacarino, as três matérias-primas que eram consideradas adequadas pelo Programa Nacional do Álcool à época. Ponderando os processos envolvidos nas etapas agrícola e industrial utilizando os escassos dados disponíveis, os autores concluíram que para cada unidade de energia consumida em seu processo de fabricação o etanol de cana-de-açúcar fornecia 4,53 unidades de energia renovável.

Seguiram-se diversas atualizações que refinaram os métodos de cálculo e puderam contar com melhores dados primários para assim calcular o benefício do uso do etanol combustível em comparação à gasolina quanto às emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida (MACEDO; NOGUEIRA, 1985) (MACEDO, 1992) (MACEDO, 1998).

Macedo; Leal e Silva (2004) utilizando dados do ano de referência de 2002 e considerando um cenário baseado nas médias de consumo de energia e insumos, na região Centro-Sul do país, obtiveram um balanço energético para o etanol de cana-de-açúcar de 8,3 unidades de energia renovável por unidade de energia fóssil no ciclo de vida, o que equivale a emissões evitadas da ordem de 2,6 e 1,7 tCO₂equivalente/m³ de etanol anidro e hidratado, respectivamente.

Macedo; Seabra e Silva (2008), considerando a introdução de políticas públicas e inovações tecnológicas, tais como a colheita mecanizada de cana crua, os veículos bicombustível, ganhos de produtividade e a intensificação da produção de eletricidade excedente no setor, calcularam o balanço energético do etanol, para a safra 2005/2006, e obtiveram a razão de 9,3 unidades de energia renovável por energia fóssil consumida, além de emissões de GEE evitadas de 2.181 kgCO₂ equivalente/m³ de etanol para uso de E100, e 2.323 kgCO₂

²² informação fornecida pelo Prof. José Roberto Moreira, em 17/10/2011.

equivalente/m³ de etanol para E25. Para 2020 os autores projetaram um cenário, baseado em tecnologias disponíveis atualmente, no qual o balanço energético pode atingir 11,6 e as emissões evitadas de GEE seriam 26% superiores ao cenário 2005/2006.

Comparativamente ao etanol produzido a partir de outras matérias-primas como o milho, nos Estados Unidos, trigo e beterraba açucareira na Europa, o etanol de cana-de-açúcar apresenta os resultados mais positivos, pois utiliza o bagaço de cana para suprir as necessidades energéticas e os derivados fósseis são utilizados apenas nas operações agrícolas, de transporte e fertilizantes. Essa diferença pode ser observada na Figura 12.

Figura 12 - Balanço energético das principais matérias-primas utilizadas para a produção de etanol
Fonte: (WORLDWATCH INSTITUTE 2006) e (MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008)

3.2. Aspectos sociais relativos à produção de etanol

A sustentabilidade da produção de biocombustíveis, além das questões ambientais, envolve questões de cunho social, como salubridade, saúde e segurança do trabalho, mão-de-obra infantil e escrava e cumprimento da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), que são parte dos critérios globais de sustentabilidade socioambiental.

O sistema de produção de cana-de-açúcar no Brasil ocorre de três maneiras: aquela produzida pela usina, chamada de cana própria; a cana produzida pela usina em terras arrendadas e a cana produzida por fornecedores. Segundo informações da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB 2008), no Brasil 33% da cana é proveniente de produtores independentes. Dados da Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA 2011) para a safra 2009/2010 estimam que 139 milhões de toneladas de cana (equivalente a 23% da produção nacional) foram produzidos por 18.659 produtores independentes.

Outra característica importante do ponto de vista social é a sazonalidade da produção. A colheita da cana é realizada, no Centro-Sul, entre os meses de abril e outubro. Assim sendo, a maior parte dos trabalhadores rurais são dispensados durante o período de entressafra.

O corte manual da cana-de-açúcar é um trabalho extenuante e degradante tendo sido reconhecido pelos próprios trabalhadores como a última alternativa como fonte de renda e de ocupação (RAMOS, 2007).

As relações de trabalho ao longo dos anos parecem ter evoluído, e embora ainda haja problemas, a redução da informalidade e do trabalho infantil são aspectos positivos.

De acordo com Neves; Trombin e Consoli (2009b), no ano de 2008, o setor sucroalcooleiro contabilizou 1.283.258 empregos formais, dos quais 37,5% se encontram no cultivo da cana-de-açúcar. Ocorre que, devido à sazonalidade da cultura da cana-de-açúcar, 54% dos empregos eram temporários. Ainda assim o setor apresentou saldo positivo de 588.826 empregos. No entanto, há de se contabilizar também os empregos informais, que, apesar da redução, todavia seguem existindo. Dessa maneira atinge-se a marca de 1,43 milhão de empregos. Considerando que para cada emprego direto são gerados dois empregos indiretos, obtém-se um total global de 4,29 milhões de empregos relacionados à cadeia da cana-de-açúcar.

Em termos gerais, toda a atividade agrícola do Brasil está empregando mão-de-obra com idade média mais elevada. Em especial para o setor da cana-de-açúcar, observou-se, mesmo dentre os menos especializados, tendo a idade média subido de 31 anos em 1992 para 34 anos em 2007. Foi observada também a redução da participação de pessoas com menos de 20 anos de idade (OLIVEIRA, 2009), o que indica a diminuição do uso de mão-de-obra infantil.

A quantidade de empregados tem se mantido praticamente constante desde o início da década de 1990 (OLIVEIRA, 2009), entretanto a mecanização da cultura da cana representa um fator de risco para a geração de empregos.

Camargo (2007) analisou a ocupação agrícola paulista recente e verificou uma tendência de redução expressiva da ocupação agrícola no estado, esta tendência é observada desde a década de 1970 devido ao esgotamento precoce da fronteira agrícola que levou à substituição de culturas e modernização da agricultura. O autor mostra que entre o início dos anos 70 e meados dos anos 2000, foram eliminados 700 mil postos de trabalho, o equivalente a 40% da ocupação agrícola no período. A inovação tecnológica leva à priorização da mão-de-obra assalariada permanente ao invés de trabalhadores volantes; essa preferência é constatada pela redução de trabalhadores temporários que na década de 1980 representavam 22% da população ocupada, e em 2004 passaram a 19%.

Oliveira (2009) analisa que houve redução do emprego na cultura da cana-de-açúcar a partir de 2005, no entanto, a expansão da cultura até 2006, parece ter criado novos postos e reduzido o impacto da mecanização.

Ao analisar a qualificação dos trabalhadores, observa-se na Figura 13 que houve aumento significativo do número de empregados especializados. Oliveira (2009) mostra que, em 2007, a mão-de-obra não especializada representava 83% dos trabalhadores envolvidos na produção da cana-de-açúcar, sendo que em 1992 constituía 90% da força de trabalho, o que pode representar o impacto da mecanização da colheita no setor.

Figura 13 - Evolução do número de empregados especializados e não-especializados na lavoura de cana-de-açúcar, Brasil, 1992 – 2007

Fonte: (OLIVEIRA, 2009)

Segundo Moreno (2011) baseado em levantamentos de campo, cada colhedora pode substituir até 80 homens. No entanto, a introdução de máquinas gera oportunidade de trabalhos menos árduos, porém mais especializados, tendo sido criados postos de trabalho para operadores de tratores, motoristas de caminhões, mecânicos, condutores de colhedoras, técnicos em eletrônica, dentre outros.

Ramos (2009) estima um total de 4.600 máquinas colhedoras em operação no Brasil, em 2015, número compatível com a capacidade de oferta da indústria distribuída nos dez anos entre 2005 e 2015 (crescimento da frota em torno de 300 máquinas por ano). No estado de São Paulo, a safra 2010/2011 contou com 2.298 colhedoras em operação, responsáveis pela colheita de 3,15 milhões de hectares (SMA 2011).

Baccarin, Gebara e Borges (2010) analisaram com base em dados enviados pelas empresas ao Ministério do Trabalho, o impacto do processo de mecanização no mercado de trabalho da cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Os autores observaram que houve um aumento, entre 2007 e 2009, de 14% na contratação de “trabalhadores canavieiros da mecanização agrícola”, grande parte destinados à operação de colhedoras, que, no entanto, em termos absolutos não

foi suficiente para compensar a redução dos “trabalhadores canavieiros não qualificados”, que sofreu um decréscimo de 22% no mesmo período.

Oliveira (2009) afirma que o setor agropecuário é um dos únicos ainda a empregar trabalhadores com baixo grau de escolaridade e até mesmo analfabetos. No entanto, comparativamente a outras atividades agrícolas, a cultura da cana-de-açúcar apresenta melhores níveis de escolaridade, tendo o tempo de escolaridade aumentado de 1,9 ano em 1992 para 4,9 anos em 2007; perdendo apenas para a cultura da soja, que devido ao alto grau de mecanização requer trabalhadores mais qualificados.

Por este motivo, a requalificação dos trabalhadores rurais da cana-de-açúcar se apresenta como um desafio. O fato é que requalificação e treinamento não são suficientes para suprir deficiências educacionais e estão limitados à capacidade de aprendizagem dos trabalhadores.

Fredo et al.(2008) afirmam que uma parcela destes trabalhadores não será realocada no setor sucroalcooleiro, tampouco em outros setores devido ao baixíssimo grau de instrução e qualificação.

Assim sendo, a mecanização na colheita é uma das componentes que colaboram com o aumento do grau de sustentabilidade, tanto do ponto de vista ambiental como social. Neste sentido, verificou-se a alteração do perfil da mão-de-obra que passa a exercer funções que exigem maior qualificação e conclui-se também que nas áreas onde se adotou o corte mecanizado, as empresas do setor canavieiro auferiram ganhos econômicos e a qualidade de vida do trabalhador melhorou (MORENO, 2011).

Para Gorren (2011) políticas públicas são capazes tanto de intensificar a mecanização quanto de melhorar a qualificação dos trabalhadores. Fundamentalmente, o aprimoramento das políticas pode amenizar os efeitos sociais da modernização tecnológica por meio da qualificação e aumento da empregabilidade destes trabalhadores.

No que tange a questão da requalificação dos trabalhadores, pode-se verificar que a necessidade de oferecer uma alternativa para estas pessoas está presente na maior parte das

leis que estabelecem a eliminação da queima da palha da cana, como por exemplo, aquelas aprovadas nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul²³.

Visando melhorar as condições de trabalho na lavoura de cana-de-açúcar, qualificar os trabalhadores e reintegrar aqueles que perderam seus empregos devido à mecanização da colheita, o governo federal firmou, em junho de 2009, com empresários do setor e entidades de trabalhadores²⁴ o “Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-Açúcar”, que foi desenvolvido pelas partes durante um ano e cuja adesão por partes das usinas é voluntária. As usinas que aderirem ao Compromisso devem cumprir um conjunto de 29 práticas²⁵ empresariais exemplares, que deverão ser verificados por empresas de auditoria independentes escolhidas por processo de chamada pública. Cada usina participante que cumprir com as suas obrigações receberá um certificado de conformidade. Por parte do Governo Federal cabe apoiar e incentivar ações relacionadas às condições de trabalho, qualificação, requalificação e educação dos trabalhadores e serviços em áreas de emigração²⁶. De acordo com a Secretaria Geral da Presidência da República, 197 unidades aderiram ao Compromisso Nacional (SECRETARIA GERAL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2011).

²³ Lei 11.241/2002 de São Paulo, a Lei 3.357/2007 do Mato Grosso do Sul e Deliberação Normativa COPAM 133/2009 em Minas Gerais.

²⁴ Fazem parte do Compromisso: a) representantes dos trabalhadores: Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (Contag) e Federação dos Empregados Rurais Assalariados do Estado de São Paulo (Feraesp); b) representantes do empresariado: A União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo (Unica) e o Fórum Nacional Sucroenergético; c) Governo Federal: Secretária-geral e Casa Civil da Presidência da República, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ministério do Trabalho e Emprego; Ministério da Educação; Ministério do Desenvolvimento Agrário; e Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome.

²⁵ as práticas propostas pelo Compromisso incluem: a garantia de que o contrato de trabalho passará a ser feito diretamente entre a empresa e o trabalhador da cana, eliminando o intermediário, com o apoio do Sistema Público de Emprego (SINE); a eliminação do vínculo entre a remuneração de qualquer serviço e a remuneração dos trabalhadores do corte manual; a maior transparência na aferição e forma de pagamento da cana cortada; a promoção da saúde e segurança do trabalhador; a valorização da atividade sindical e da negociação coletiva; o fornecimento de transporte seguro e gratuito aos trabalhadores para as frentes de trabalho no campo, com a adoção de um sistema de atendimento a acidentes no percurso; o fornecimento gratuito de recipiente térmico que garanta condições de higiene e manutenção de temperatura; além da responsabilidade empresarial na divulgação de boas práticas trabalhistas aos fornecedores independentes de cana-de-açúcar e no apoio a ações junto às comunidades, entre outros.

²⁶ as políticas públicas propostas pelo Compromisso devem visar: adequação dos Equipamentos de Proteção Individual utilizados pelos trabalhadores no cultivo manual da cana-de-açúcar; ampliação dos serviços oferecidos pelo Sistema Público de Emprego na intermediação da contratação de trabalhadores para o cultivo manual da cana-de-açúcar; promoção da alfabetização e elevação da escolaridade dos trabalhadores; promoção da qualificação e requalificação dos trabalhadores do cultivo manual da cana-de-açúcar com vistas a sua reinserção produtiva e fortalecimento das ações e serviços sociais em regiões de emigração de trabalhadores para atividades sazonais do cultivo manual da cana-de-açúcar.

No âmbito deste “Compromisso Nacional” foi lançado, em novembro de 2010, o “Plano Nacional de Qualificação para o Setor Sucroalcooleiro”, que será executado pelo Ministério do Trabalho com recursos do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT) e prevê em sua primeira etapa a requalificação²⁷ de 12.600 trabalhadores, dos quais 30% desempregados que buscam retornar à cadeia produtiva da cana-de-açúcar, e 70% em empresas que estejam passando por processos de modernização visando mantê-los no mercado. Está prevista uma segunda etapa na qual serão atendidos mais 12.400 trabalhadores (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2010).

Outra iniciativa que acontece especificamente no estado de São Paulo, foi desenvolvida pela UNICA, em 2009, conjuntamente as suas associadas e entidade representante dos trabalhadores FERAESP, com patrocínio de empresas privadas²⁸ e apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), tendo como objetivo requalificar 3.500 trabalhadores por ano²⁹, funcionários e ex-funcionários do corte de cana. Os cursos serão oferecidos em seis macrorregiões do estado (Araçatuba, Bauru, Piracicaba, Presidente Prudente, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto). A primeira turma do Módulo I requalificou 1.712 trabalhadores para novas funções na usina, dos quais 56% foram contratados imediatamente ao término do curso (UNICA 2010).

Em relação às ações que estão sendo executadas pelas empresas do setor sucroalcooleiro visando sustentabilidade social, pesquisa realizada por Bragato et al, (2008) em 2007, para uma amostra de 97 usinas (todas associadas à UNICA), identificaram que do total amostrado, 55 unidades realizavam algum tipo de ação social, ou seja, 72,7% da amostra. Dentre as iniciativas identificadas é possível dizer que as ações concentram-se principalmente na área educacional (40%) e ambiental (25%), seguidas pelas áreas de saúde (18%) e esportes e cultura (17%).

²⁷ O programa será desenvolvido nos estados de Alagoas, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rondônia e São Paulo. Entre os cursos oferecidos estão operador de máquina agrícola; operador de colheitadeira; operador e mantenedor de tratores agrícolas; operador de cristalização na refinação de açúcar; eletricista de colheitadeira; eletricista de manutenção industrial; mecânico de trator; mecânico de caldeira e operador de processo.

²⁸ John Deere, Case IH, Syngenta, Fundação Solidaridad IVECO

²⁹:O Módulo I atenderá 2 mil trabalhadores/ano em cursos profissionalizantes específicos para o setor sucroenergético (motoristas canavieiros, operadores de colhedora, eletricistas, mecânicos, soldadores, etc.), e o Módulo II oferecerá treinamento a 1500 trabalhadores/ano para outros setores da economia (produção de mudas, fabricação de calçados, construção civil, horticultura, costura, etc.).

No que concerne à área social, os projetos visam reduzir os impactos negativos causados pela baixa escolaridade e a exclusão social. Assim, o objetivo é desenvolver ações que busquem a aprendizagem, a inclusão, a integração e a alfabetização às pessoas beneficiadas. Em relação ao meio ambiente as principais ações visam à melhoria da qualidade do ar e do solo e o uso racional da água. Na área de saúde os esforços se concentram em campanhas de vacinação e prevenção de doenças (tanto transmissíveis quanto crônicas), combate à dependência química, entre outras que visam garantir a saúde dos trabalhadores e familiares.

Os autores identificaram ainda que 59,5% das usinas amostradas possuem algum tipo de certificação na área social, principalmente os selos ABRINQ e iBase. No entanto 37,8% não possuem nenhum tipo de certificação. Desta forma os autores concluem que o setor ainda está passando por um período de transição adotando “ações compensatórias e não a reversão dos impactos produzidos no meio onde atuam”, desta forma “as ações sociais confundem-se com o assistencialismo, não sendo propriamente iniciativas de responsabilidade social corporativa” (BRAGATO et al, 2008).

3.3. Aspectos econômicos relativos à produção de etanol

O sucesso da introdução do etanol na matriz energética brasileira se deve às políticas adotadas na época, que simultaneamente criaram o mercado consumidor e garantiram a paridade de preços entre o álcool e o açúcar cristal standard, estimulando assim os produtores a investir no biocombustível (GOLDEMBERG, ____).

No início, os custos de produção do etanol eram altos e assim o preço do etanol não era competitivo com a gasolina, o que fazia necessário o subsídio dado pelo governo. Porém, com o aumento da quantidade produzida, os custos foram reduzidos ao longo da chamada curva de experiência, ou curva de aprendizagem, que refletem os ganhos decorrentes da melhoria tecnológica e economias de escala, como mostra a Figura 14 (GOLDEMBERG, 2011).

Figura 14 - Curva de aprendizado do etanol

Fonte: Goldemberg; Guardabassi e Prado (em fase de elaboração)³⁰

Van den Wall Bake et al (2009) analisaram separadamente o custo de produção na fase agrícola e na fase industrial, mostrando que os ganhos de produtividade no campo são o fator mais relevante para a redução do custo total de produção. Na fase industrial os aumentos de eficiência e otimização de sistemas foram os fatores mais importantes.

Entre 1975 e 1989, os investimentos diretos realizados para a implementação do Proálcool somam US\$ 7,1 bilhões, dos quais US\$ 4 bilhões referem-se ao investimento público e o restante da iniciativa privada, entretanto as divisas economizadas pela redução das importações de petróleo e derivados atingem US\$ 195,5 bilhões, entre 1976 e 2005 (BNDES; CGEE, 2008).

Desde a retomada do interesse do mercado interno pelo etanol que acontece desde 2003 com a oferta dos veículos bicomcombustível o etanol tem se mantido competitivo frente à gasolina, durante o período de safra. No entanto, no primeiro semestre de 2011, na entressafra da produção de cana-de-açúcar, a oferta de etanol no mercado interno se reduziu de tal forma que houve inclusive a necessidade de importação de etanol dos Estados Unidos, e os preços ao consumidor tornaram-se pouco (ou não) competitivos frente à gasolina.

³⁰ Trabalho em fase de elaboração por Goldemberg; Guardabassi e Prado, utilizando a preços de etanol em São Paulo (UNICA) e preços internacionais da gasolina (OECD Stats), deflacionados para 2010.

Neste momento o Governo Federal decidiu intervir para minimizar os impactos negativos à economia brasileira e evitar que este cenário se repita em safras futuras. Por meio da Medida Provisória 532, o governo alterou a classificação do etanol de um produto agrícola para combustível, passando assim a fiscalização das atividades da cadeia de produção e comercialização do etanol a ser realizada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) visando garantir o fornecimento do combustível em todo o território nacional.

A regulamentação da MP por parte da ANP encontrava-se em fase de consulta pública e não haviam sido publicadas atualizações até a data de conclusão desta tese.

Um importante avanço é o estabelecimento da obrigatoriedade de manutenção por parte das unidades industriais, de “armazenamento com capacidade equivalente a, no mínimo, 120 dias de autonomia de sua produção” (Artigo 19). A existência de estoques reguladores é essencial, pois o etanol é um combustível de origem agrícola estando sujeito a variáveis ambientais que não podem ser controladas.

De acordo com o setor produtivo uma série de fatores contribuiu para a redução da oferta de etanol no mercado brasileiro, conforme apresentado no capítulo 2 desta tese. Somaram-se à falta de investimento em infraestrutura de produção e renovação dos canaviais, condições climáticas desfavoráveis e o aumento em 40%, nos últimos seis anos, dos custos de produção devido aos maiores custos com mão-de-obra e insumo derivados de petróleo (UNICA 2011).

Porém a perda de competitividade com a gasolina é o aspecto tem que recebido muitas críticas, pois é resultante da manutenção artificial do preço da gasolina por parte do governo federal evitando os impactos na inflação brasileira.

Considerando-se o momento atual, onde as preocupações com o meio ambiente e as emissões de gases de efeito estufa estão criando um mercado significativo para o consumo de biocombustíveis, como será apresentado no capítulo seguinte, é necessário que o setor produtivo e o governo encontrem meios de retomar o aumento da produção de etanol para, no mínimo, garantir o abastecimento do mercado interno.

4. POLÍTICAS E INICIATIVAS VISANDO GARANTIR A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

A sustentabilidade dos biocombustíveis tomou importância no cenário internacional, a partir da perspectiva de exportação destes produtos de países em desenvolvimento para os países desenvolvidos e está sendo discutida por governos, produtores, cientistas e ambientalistas.

O principal vetor deste mercado é a Diretiva da União Europeia que estabelece 20% de energias renováveis no consumo global da Comunidade e, no setor de transportes, no mínimo 10% de combustíveis renováveis, até 2020.

Uma vez que os produtores locais de biocombustíveis não serão capazes de suprir a demanda de todo o mercado europeu, principalmente devido às restrições territoriais, será indispensável adquirir este produto de outros países.

Assim, os principais países em desenvolvimento produtores de biocombustíveis, Brasil cuja produção de etanol atingiu 27,7 bilhões de litros de etanol na safra 2008/2009, dos quais 4,7 bilhões de litros foram exportados (UNICA 2009); e Argentina que produziu 1,3 milhões toneladas de biodiesel, em 2009, sendo 0,8 milhões de toneladas destinadas ao mercado internacional (CADER 2011), estão sendo questionados quanto à sustentabilidade de seus processos produtivos.

Considerando que a sustentabilidade de um produto esteja baseada no atendimento ao tripé da sustentabilidade, ou seja, ambientalmente adequado, socialmente desejável e economicamente viável (NAÇÕES UNIDAS, 1987), serão mostradas neste capítulo as iniciativas que estão sendo desenvolvidas com o intuito de assegurar que produtos que possam ter sido produzidos à custa de danos à sociedade e ao meio ambiente não sejam introduzidos em seus mercados (CORREIA, 2011).

Existem alguns aspectos que ainda precisam ser melhor estabelecidos, o primeiro deles é a harmonização dos critérios e a definição de uma metodologia transparente e verificável. Outro ponto fundamental para o estabelecimento da certificação dos biocombustíveis se refere aos custos relativos a este processo, que, sobretudo, não devem prejudicar os pequenos produtores (UNCTAD 2008).

Considerando o mercado europeu como grande interessado na importação de biocombustíveis, os países deste bloco foram pioneiros no desenvolvimento de um conjunto de critérios e índices de sustentabilidade visando garantir a sustentabilidade da produção dos biocombustíveis.

No caso do Brasil, tanto em nível federal quanto estadual, as iniciativas visando garantir a produção sustentável de biocombustíveis foram estabelecidas na forma de zoneamentos agroambientais, como será apresentado adiante.

Existem basicamente dois tipos de iniciativas que estão sendo adotadas com o objetivo de garantir a produção sustentável de biocombustíveis, as governamentais cuja aplicação é obrigatória, e que acabam tendo efeito de indutoras de mercado e influenciam o desenvolvimento ao longo da cadeia produtiva dos biocombustíveis, como é o caso da Diretiva Europeia e a das iniciativas norte-americanas; e as iniciativas voluntárias, como a *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB) e a *Global Bioenergy Partnership* (GBEP) que visam desenvolver ferramentas que serão utilizadas voluntariamente, bem como serão aceitas como forma de comprovar o cumprimento das determinações das iniciativas governamentais.

4.1. Iniciativas governamentais internacionais

No caso específico da União Europeia, desenvolveu-se uma série de iniciativas em âmbito nacional, que, no entanto deverão ser unificadas para atender às exigências da Diretiva Europeia (NUFFIELD COUNCIL ON BIOETHICS, 2011).

O governo holandês foi o precursor desta discussão ao estabelecer, em 2006, o grupo de trabalho “Produção Sustentável de Biomassa”, com o intuito de formular critérios para a produção e conversão sustentável de biomassa, e cujo documento final, conhecido como “Relatório Cramer”³¹ (CRAMER et al., 2007), apresentou critérios e princípios de sustentabilidade abrangendo aspectos ambientais e sociais da produção de biomassa para fins

³¹ Estudo desenvolvido por uma comissão coordenada pela então Ministra do Meio Ambiente da Holanda, Prof. Dr. Jaqueline Cramer.

energéticos, os quais foram adotados como princípios de sustentabilidade da Holanda. Há ainda o *Renewable Transport Fuel Obligation* (RTFO) no Reino Unido, que define uma meta de utilização no setor de transportes de 5% de fontes renováveis que atendam aos critérios de sustentabilidade ambiental e social, em 2013³² (DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 2009).

4.1.1. Diretiva Europeia

Em 23 de abril de 2009, o Parlamento europeu estabeleceu a Diretiva 2009/28/EC, cujo principal objetivo é a promoção das fontes renováveis de energia como forma de reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa e aumentar a segurança energética da região. Para isso a normativa determina em seu Artigo terceiro, que, no ano 2020, no mínimo 20% do consumo final de energia da Comunidade seja produzida a partir de fontes renováveis, e que ao menos 10% da energia consumida pelo setor de transporte em cada estado-membro seja proveniente de fontes renováveis.

Cada estado-membro deve promover e encorajar o uso de fontes renováveis de energia, bem como ações de eficiência energética, sendo necessária a apresentação periódica de planos de ação, conforme detalhado no Artigo 4. Para fins de cálculos da quantidade de energias renováveis, determina o Artigo 5 que os biocombustíveis que não cumprirem os critérios de sustentabilidade definidos no Artigo 17 não poderão ser contabilizados.

Os critérios de sustentabilidades para biocombustíveis são apresentados no Artigo 17 e devem ser atendidos por biocombustíveis produzidos dentro e fora da Comunidade Europeia. São eles:

- Redução mínima de 35% das emissões de gases de efeito estufa, passando a 50% em 01 de janeiro de 2017. A partir de 01 de janeiro de 2018, para instalações cujo início de operação se der a partir de 01 de janeiro de 2017, o limite de redução será de 60% das emissões de gases de efeito estufa.

³² A meta original deveria ser atendida até 2010, entretanto a norma foi revista.

- Biocombustíveis não podem ter utilizado matérias-primas obtidas em áreas que em janeiro de 2008 eram consideradas:
 - áreas altamente biodiversas, ou seja, áreas destinadas a florestas primárias, ou outra floresta com espécies nativas de madeira; áreas de proteção natural designadas por lei ou pelas autoridades competentes; pastagens naturais altamente biodiversas que assim permaneceriam na ausência de intervenção humana ou não-naturais que o deixariam de ser na ausência de ação humana, que seja rica em espécies e não degradada.
 - terras com altos estoques de carbono, ou seja, áreas de pantanal; áreas de florestas contínuas com mais de 1 hectare com árvores que tenham mais de 5 metros de altura e cobertura de copa superior a 30% ou com potencial de atingir tais parâmetros; bem como áreas com mais de 1 hectare com árvores de mais de 5 metros de altura e cobertura de copa entre 10% e 30% ou com potencial de atingir tais parâmetros.
 - Zonas úmidas (*peatlands*)

A Comissão deve, a cada dois anos, informar ao Parlamento Europeu e ao Conselho, em relação aos países terceiros e estados-membros que sejam fornecedores de biocombustíveis, ou matéria-prima para sua produção e consumo na Comunidade Europeia, quais medidas estão sendo adotadas para respeitar os critérios de sustentabilidade estabelecidos na Diretiva, bem como em relação ao solo, água e proteção de ar. O mesmo deve ser feito em relação aos impactos à sustentabilidade social, à disponibilidade de alimentos a preços acessíveis, especialmente nos países em desenvolvimento e o respeito à propriedade de posse da terra. O relatório deve ainda informar sobre a ratificação e implementação pelos países, das Convenções Internacionais da Organização do Trabalho sobre trabalho forçado, direito de associação, remuneração equânime entre os sexos e eliminação do trabalho infantil, bem como a ratificação de protocolos sobre proteção à biodiversidade.

O Artigo 18 da Diretiva versa sobre a verificação da conformidade com os critérios de sustentabilidade para biocombustíveis, e define que tal comprovação poderá ser feita por meio de esquemas voluntários de certificação nacionais ou internacionais que estabeleçam padrões que atendam aos critérios estabelecidos no Artigo 17 desta mesma Diretiva.

O método de cálculo das reduções de emissões de gases de efeito estufa é estabelecido no Artigo 19 e detalhado no Anexo V, e consiste no balanço entre as emissões provenientes da extração e cultivo de matéria-prima, alteração de estoques de carbono no solo, e etapas de produção, transporte, distribuição e uso final do combustível; com os ganhos provenientes do aumento da quantidade de carbono no solo devido à um manejo melhorado, captura e fixação e armazenamento geológico do carbono e a redução de emissões pela produção de excedente de eletricidade na cogeração. O resultado deste cálculo é comparado com as emissões de ciclo de vida do combustível fóssil de referência, que no caso do etanol é a gasolina cujo valor adotado de emissão é de 83,8 gCO₂eq/MJ.

Embora a Diretiva Europeia tenha passado a vigorar em janeiro de 2011, ainda existem indefinições sobre a metodologia de cálculo das emissões devidas à mudança indireta do uso do solo. A questão foi submetida à consulta pública e a Comissão reconhece que ainda se faz necessário resolver uma série de deficiências e incertezas associadas à modelagem necessária para estimar os impactos. A norma final tinha previsão de publicação para julho de 2011, no entanto até a conclusão desta tese ainda não havia sido publicada.

4.1.2. Low Carbon Fuel Standard

O governo do estado da Califórnia, Estados Unidos, determinou em janeiro de 2007, que fosse estabelecido um Padrão de Combustível de Baixo Carbono (*Low Carbon Fuel Standard*) com o objetivo de reduzir a intensidade de carbono dos combustíveis utilizados no transporte de passageiros em 10%, até 2020, em relação aos níveis de 1990.

O *Californian Air Resources Board* (CARB) determina a intensidade de carbono (gCO₂eq/MJ) que os combustíveis fósseis, e os seus substitutos devem atender (Tabela 7), porém não estabelece percentuais de mistura a serem utilizados.

Tabela 7 - Cronograma de atendimento e padrões de intensidade de carbono para gasolina e seus substitutos

Ano	Intensidade de carbono media (gCO₂ eq/MJ)	% redução
2010	Apenas informar	
2011	95,61	0,25%
2012	95,37	0,5%
2013	94,89	1,0%
2014	94,41	1,5%
2015	93,45	2,5%
2016	92,50	3,5%
2017	91,06	5,0%
2018	89,62	6,5%
2019	88,18	8,0%
a partir de 2020	86,27	10,0%

Fonte: (CARB, 2009)

Em relação à definição dos critérios de sustentabilidade a serem atendidos pelos biocombustíveis, o CARB possui um grupo de trabalho que, seguindo os modelos desenvolvidos na Europa (tais como a Diretiva Europeia e a *Roundtable on Sustainable Biofuels*), proporá recomendações de critérios ambientais, sociais e econômicos a serem atendidos no âmbito da LCFS. A apresentação do relatório final deste grupo de trabalho está prevista para dezembro de 2011 (CARB 2010).

4.1.3. Energy Independence and Security Act

O governo dos Estados Unidos instituiu, em 2007, o Ato de Segurança e Independência Energética (*Energy Security and Independency Act of 2007*) que estabelece um consumo mínimo no país de 45 bilhões de litros de biocombustíveis em 2010, atingindo 136 bilhões de litros em 2022.

O Ato estabelece três categorias de combustíveis:

- biocombustíveis convencionais: combustível renovável, cujas emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida sejam, ao menos, 20% inferiores à linha de base

de emissões de gases de efeito estufa estabelecida para gasolina ou diesel. O etanol produzido a partir de milho, por exemplo, se enquadra nesta categoria

- biocombustíveis celulósicos: biocombustível produzido a partir de qualquer fonte de celulose, hemicelulose ou lignina derivada de biomassa renovável, cujas emissões no ciclo de vida sejam, no mínimo 60% menores em relação à linha de base de emissões de gases de efeito estufa estabelecida para gasolina ou diesel.
- biocombustíveis avançados: combustíveis renováveis, exceto etanol de milho, cujas emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida sejam, ao menos, 50% menores que a linha de base de emissões de gases de efeito estufa estabelecida para gasolina ou diesel.

O calendário e os volumes a serem utilizados são apresentados na Tabela 8 abaixo.

Tabela 8 - Calendário de utilização de biocombustíveis nos Estados Unidos

Ano	Combustível renovável (bilhões de litros)	Biocombustível avançado (bilhões de litros)	Biocombustível celulósico (bilhões de litros)
2006	15,14	-	-
2007	17,79	-	-
2008	34,07	0,00	-
2009	42,02	2,27	-
2010	49,02	3,60	0,38
2011	52,81	5,11	0,95
2012	57,54	7,57	1,89
2013	62,65	10,41	3,79
2014	68,71	14,20	6,62
2015	77,60	20,82	11,36
2016	84,23	27,44	16,09
2017	90,85	34,07	20,82
2018	98,42	41,64	26,50
2019	105,99	49,21	32,18
2020	113,56	56,78	39,75
2021	124,92	68,14	51,10
2022	136,27	79,49	60,57

Fonte: (EISA, 2007)

A EPA é a entidade responsável pelo desenvolvimento e implementação de regulamentos no que tange o uso de combustíveis líquidos visando garantir a utilização de combustíveis renováveis na matriz de transportes do país, de acordo com as exigências da legislação vigente.

O *Renewable Fuel Standards* (RFS) estabelece os mandatos de uso de biocombustíveis nos Estados Unidos. Sua primeira versão, o RFS1, instituiu uma mistura obrigatória de 28,4 bilhões de litros (7,5 bilhões de galões) de combustíveis renováveis à gasolina até 2012.

Com a publicação do EISA, o programa foi expandido para cumprir as novas metas estabelecidas conforme apresentado na Tabela 8 acima.

O agora chamado RFS2 estabelece a metodologia e calcula as reduções de gases de efeito estufa para os combustíveis renováveis a serem introduzidos no mercado norte-americano, sejam eles produzidos localmente ou importados.

No caso específico do etanol de cana-de-açúcar brasileiro, o RFS2 obteve uma redução média de 61% das emissões em relação à gasolina, variando entre 52% e 71%.

A EPA reconhece que para atingir suas metas para combustíveis avançados podem ser importados diretamente para os Estados Unidos 3,9 bilhões de litros de etanol em 2022 (EPA 2010).

4.2. Iniciativas governamentais nacionais

No Brasil, os zoneamentos agroambientais estabelecidos tanto em nível federal quanto estadual, são uma das iniciativas que visam garantir a produção sustentável de biocombustíveis, como será apresentado adiante.

4.2.1. Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar

O Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE), publicado em setembro de 2009, foi desenvolvido pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), sob a

coordenação do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a colaboração do Ministério do Meio Ambiente (MMA) com o objetivo de fornecer subsídios técnicos para formulação de políticas públicas visando à expansão e produção sustentável de cana-de-açúcar no território brasileiro.

Foi avaliado o potencial de produção de cana-de-açúcar, sem irrigação plena, e considerando também a vulnerabilidade das terras, o risco climático, o potencial de produção agrícola sustentável e a legislação ambiental vigente. Não foram consideradas para fins do estudo as áreas situadas nos biomas Amazônia, Pantanal e na Bacia do Alto Paraguai; áreas de proteção ambiental e áreas indígenas; áreas urbanas e de mineração, além das áreas cultivadas com cana-de-açúcar na região Centro-Sul na safra 2007/2008.

Os resultados obtidos, ilustrados na Figura 15, demonstram que há no país cerca de 64,7 milhões de hectares de áreas aptas à expansão do cultivo com cana-de-açúcar, sendo que destes 19,3 milhões de hectares foram considerados com alto potencial produtivo, 41,2 milhões de hectares como médio e 4,3 milhões de hectares como de baixo potencial para o cultivo. As áreas aptas à expansão utilizadas como pastagens, em 2002, representam cerca de 37,2 milhões de hectares. Conclui-se, pois, que o país possui suficientes áreas para a expansão da produção de cana-de-açúcar, sem o risco de impactar a produção de alimentos tampouco a necessidade de incorporação de novas áreas de cultivo provenientes de áreas florestadas (EMBRAPA, 2009).

Figura 15 - Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar

Fonte: (EMBRAPA, 2009)

4.2.2. Zoneamento Agroambiental do Estado de São Paulo

As Secretarias do Meio Ambiente (SMA) e de Agricultura e Abastecimento (SAA) do estado de São Paulo elaboraram em conjunto o Zoneamento Agroambiental (ZAA) estadual, publicado em setembro de 2008, com o objetivo de organizar a expansão e ocupação do solo, além de subsidiar a elaboração de políticas públicas.

Este Zoneamento foi desenvolvido utilizando-se as bases de dados sobre condições climáticas, qualidade do ar, relevo, solo, disponibilidade e qualidade de águas, áreas de proteção ambiental e unidades de conservação existentes e indicadas, além de fragmentos de manutenção da conectividade. Para cada um dos parâmetros foi produzido um mapa, e ao final a sobreposição destas imagens forneceu o resultado final, como mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Zoneamento Agroambiental do estado de São Paulo

Fonte: (SMA, 2008 a)

O levantamento mostrou que atualmente, da área de cana-de-açúcar plantada no estado, 28% ocupa áreas adequadas com restrições ambientais e 1% áreas inadequadas, o restante ocupa áreas adequadas (26%) ou adequadas com limitações ambientais (45%).

O Zoneamento subsidiou a elaboração da Resolução SMA 88, de dezembro de 2008, que define diretrizes técnicas para o licenciamento ambiental de empreendimentos do setor sucroalcooleiro. A Resolução define parâmetros específicos para cada uma das quatro classes de áreas definidas no ZAA, sendo que, em áreas consideradas inadequadas para o cultivo da cana-de-açúcar não são aceitos pedidos de licenciamento para instalação ou ampliação de empreendimentos.

4.2.3. Protocolo Agroambiental do Estado de São Paulo

O Protocolo Ambiental do estado de São Paulo foi assinado, em junho de 2007, por representantes do Governo e do setor sucroalcooleiro, com o intuito de promover melhores

práticas e preparar os produtores para a adesão a outros esquemas de certificação que devem ser implementados no setor (LUCON, 2008). No mês de março de 2008, o Protocolo recebeu a adesão das associações de fornecedores de cana-de-açúcar.

Para atingir seus objetivos o Protocolo estabelece diretivas técnicas distintas para as unidades agroindustriais e para os fornecedores de cana-de-açúcar (SMA, 2008 b).

No caso das unidades agroindustriais as diretivas são:

- redução do prazo legal de queima da palha de cana-de-açúcar (Lei Estadual nº 11.241/02) para 2014, ao invés de 2021, em áreas mecanizáveis e para 2017, ao invés de 2031, em áreas não mecanizáveis;
- não utilizar a queima da cana-de-açúcar para colheita nas áreas de expansão de canaviais;
- adotar ações para que não ocorra a queima a céu aberto do bagaço de cana ou de qualquer outro subproduto da cana-de-açúcar;
- proteger as áreas de matas ciliares das propriedades canavieiras, devido à relevância de sua contribuição para a preservação ambiental e proteção à biodiversidade;
- proteger as nascentes de água das áreas rurais do empreendimento canavieiro, recuperando a vegetação ao seu redor;
- proposição e implantação de plano técnico de conservação do solo;
- proposição e implantação de plano técnico de conservação dos recursos hídricos e minimização do consumo de água;
- plano de gerenciamento de resíduos gerados no processo agroindustrial e;
- plano de minimização de geração de poluentes atmosféricos.

Por sua vez, os fornecedores de cana-de-açúcar devem cumprir as seguintes diretivas:

- redução do prazo legal de queima da palha de cana-de-açúcar (Lei Estadual nº 11.241/02) para 2014, ao invés de 2021, em áreas mecanizáveis acima de 150 ha e para 2017, ao invés de 2031, em áreas não mecanizáveis e em áreas menores que 150 ha;

- não utilizar a queima da cana-de-açúcar para colheita nas áreas de expansão de canaviais;
- adotar ações para que não ocorra a queima a céu aberto do bagaço de cana ou de qualquer outro subproduto da cana-de-açúcar;
- proteger as áreas de matas ciliares das propriedades canavieiras, devido à relevância de sua contribuição para a preservação ambiental e proteção à biodiversidade;
- proteger as nascentes de água das áreas rurais, recuperando a vegetação ao seu redor;
- proposição e implantação de plano técnico de conservação do solo;
- proposição e implantação de plano técnico de conservação dos recursos hídricos e minimização do consumo de água;

Na última atualização disponível quando da conclusão desta tese, 149 das 196 unidades sucroalcooleiras do estado haviam aderido ao Protocolo, o que representa mais de 90% da cana-de-açúcar processada. Destas, 132 entregaram os Planos de Ação (2007-2017) onde apresentam as medidas detalhadas, metas e prazos para cumprimento das diretrizes técnicas definidas pelo Protocolo.

4.3. Iniciativas voluntárias internacionais

4.3.1. Roundtable on Sustainable Biofuels

A *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB) é uma iniciativa internacional coordenada pelo Centro de Energia da Escola Politécnica Federal de Lausanne, que conta com a participação de diversos atores envolvidos no setor de biocombustíveis, tais como produtores rurais, organizações não-governamentais, empresas privadas, agências governamentais e intergovernamentais, com o objetivos de garantir a produção sustentável de biocombustíveis.

Os critérios de sustentabilidade elaborados pela RSB incluem aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Em Agosto de 2008, a RSB colocou em consulta pública a primeira versão de seus critérios de sustentabilidade, que foi chamada de “Versão Zero”. Até Abril de 2009, foram realizados grupos de trabalho e seminários com o intuito de obter comentários sobre este tema. Assim, em Novembro de 2009 publicou-se a “Versão Um” dos critérios, que passou a incluir requisitos mínimos e de progresso; esta versão foi utilizada em testes piloto realizados durante o ano de 2010, para verificar sua aplicabilidade e identificar pontos a serem melhorados. Por fim, após a realização destes testes e novas consultas públicas, em Novembro de 2010 foi publicada a “Versão Dois” dos Princípios e Critérios de Sustentabilidade para a Produção Sustentável de Biocombustíveis, que será utilizado para certificação em 2011.

No mês de julho de 2011, a Comissão Europeia divulgou resolução na qual reconhece que os padrões de sustentabilidade desenvolvidos pela RSB estão em conformidade com aqueles estabelecidos pela Diretiva de Energias Renováveis (RED – Diretiva 2009/28/EC), o que significa dizer que um produtor que queira exportar biocombustíveis para a União Europeia pode utilizar a certificação da RSB que esta terá validade para o comprador.

Segundo a RSB, se requisitado, estes Princípios e Critérios podem ser revistos a qualquer momento; caso não haja solicitação de terceiros, a próxima revisão periódica deve acontecer em 2016.

Os Princípios e Critérios incluídos na RSB são (RSB 2010):

1. **Legalidade:** se refere ao cumprimento à legislação nacional e acordos e leis internacionais relevantes aos temas ambiental e social.
2. **Planejamento, Monitoramento e Melhoria Contínua:** as operações de produção de biocombustíveis devem ser planejadas, monitoradas e passarem por um processo contínuo de melhoria por meio de estudos de impacto ambiental, gerenciamento de processos e análise de viabilidade econômica. Tais processos devem ser transparentes e participativos.
3. **Emissões de Gases de Efeito Estufa:** os biocombustíveis devem reduzir em, no mínimo, 50% as emissões de gases de efeito estufa em seu ciclo de vida quando comparado ao combustível fóssil que estiver substituindo. As

emissões de GEE devem ser calculadas pela metodologia desenvolvida pela RSB. Embora haja consenso dentro do grupo de trabalho sobre a importância da minimização dos impactos indiretos, esta metodologia ainda não inclui as emissões devidas à mudança indireta do uso do solo (ILUC), pois não houve acordo sobre o fator de ILUC a ser utilizado (RSB 2010).

4. Direitos Humanos e Trabalhistas: a cadeia de biocombustíveis não deve violar os direitos humanos e trabalhistas, promovendo trabalho digno e bem-estar dos trabalhadores. Nesta seção estão incluídos o direito de associação, a não-utilização de trabalho escravo, forçado ou infantil e a garantia de condições seguras de trabalho.

5. Desenvolvimento Rural e Social: estabelece que em áreas de pobreza, as atividades relacionadas à produção de biocombustíveis devem contribuir para o desenvolvimento econômico e social de comunidades locais, rurais e populações indígenas. Essas atividades podem ser, por exemplo, a criação de empregos, a adoção de cooperativas e esquemas de microcrédito e a capacitação de mão-de-obra.

6. Segurança Alimentar Local: este princípio determina que a cadeia produtiva de biocombustíveis assegure o direito à alimentação adequada e melhore a segurança alimentar em regiões de insegurança. Estes objetivos podem ser alcançados, por exemplo, pela utilização de terras marginais para o cultivo de alimentos, aumento de produtividade, promoção da agricultura de subsistência e/ou a disponibilização de produtos alimentícios de maior valor agregado no mercado local.

7. Conservação da Biodiversidade: as operações relativas aos biocombustíveis devem evitar impactos negativos à biodiversidade, ecossistemas e áreas com valores de conservação. Este princípio determina a identificação e conservação das áreas citadas, além de, se necessário, criação de áreas de preservação tais como zonas de amortecimentos e corredores ecológicos.

8. Conservação do Solo: este princípio discorre sobre a necessidade da produção de biocombustíveis utilizar práticas agrícolas visando reverter a degradação do solo e/ou manter sua qualidade. Para isso devem ser implementadas práticas agrícolas que mantenham ou melhorem as condições

físicas, químicas e biológicas do solo, ou seja, reduzam a erosão e mantenham a quantidade de matéria orgânica, tais como o plantio direto, a rotação de culturas e a manutenção de biomassa residual no campo.

9. Conservação da Água: este princípio estabelece que a produção de biocombustíveis não deve afetar a qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas, e respeitar os usos prioritários e o direito pelo uso da água. Assim, a captação de água pelas unidades produtoras deve ser minimizada e o tratamento de efluentes apresentar elevada eficiência.

10. Conservação do Ar: a emissão de poluentes atmosféricos ao longo da cadeia de biocombustíveis deve ser minimizada. Para atingir este objetivo devem ser adotadas práticas tais como a utilização de tecnologias de limpeza de gases no setor industrial e a eliminação de queimadas a céu aberto de resíduos agrícolas.

11. Uso da Tecnologia, Insumos e Manejo de Resíduos: a produção de biocombustíveis deve maximizar a eficiência de produção e o desempenho ambiental e social, minimizando os riscos de causar danos ao meio ambiente e às pessoas. Este princípio se preocupa com os riscos ao meio ambiente e à população, decorrentes do uso de micro-organismos e organismos geneticamente modificados, do adequado armazenamento e manuseio dos biocombustíveis bem como o gerenciamento adequado dos resíduos industriais.

12. Direito à Terra: devem ser respeitados os direitos à terra e a seu uso. Este quesito é especialmente relevante em áreas onde há populações estabelecidas há muito tempo, porém sem documentação que comprove sua posse.

Além dos Princípios e Critérios de sustentabilidade, a RSB publicou também um manual e guias de implementação do sistema de certificação.

A intenção da RSB não é de ser uma certificadora, assim criou a RSB Services como uma entidade independente, que tem como atribuições principais o credenciamento de entidades certificadoras, registro de auditores e monitoramento da emissão de certificados.

4.3.2. Global Bioenergy Initiative

A Global Bioenergy Initiative (GBEP) foi criada em 2006 com o intuito de promover o desenvolvimento tecnológico e de atividades comerciais relacionadas à produção e o uso sustentável da biomassa e da bioenergia, com foco nos países em desenvolvimento. Para isso, o GBEP estabeleceu duas Forças-Tarefa, sendo uma voltada para a Sustentabilidade e outra para Emissões de Gases de Efeito Estufa.

A força-tarefa em Sustentabilidade desenvolveu e publicou, em Maio de 2011, um conjunto de 24 critérios e indicadores de sustentabilidade voluntários, relevantes, práticos e com base científica, com o objetivo de orientar qualquer análise realizada localmente sob a ótica de um tomador de decisão, facilitando o desenvolvimento da bioenergia de uma maneira sustentável e consistente com as obrigações comerciais multilaterais (GBEP 2011).

Os critérios compreendem uma avaliação dos impactos advindos da utilização da bioenergia e são divididos em três pilares: ambiental, social e econômico, que incluem os seguintes indicadores (GBEP 2011):

1. **Pilar ambiental:** emissões de GEEs no ciclo de vida do biocombustível, qualidade do solo, nível de colheita de recursos de madeira, emissões de outros poluentes atmosféricos além de GEEs, quantidade e eficiência no uso de água, qualidade da água, diversidade biológica do ambiente, alteração do uso do solo para produção de culturas energéticas.
2. **Pilar social:** alocação e posse da terra para produção de novas culturas destinadas à bioenergia, preço e oferta nacional de alimentos, alterações na renda, geração de empregos no setor de bioenergia, alterações no pagamento de mulheres e crianças pelo tempo gasto para a coleta de biomassa, uso da bioenergia para expandir o acesso a serviços de energia moderna, mudanças nas mortes e doenças causadas pelo uso de biomassa tradicional em ambientes fechados, incidência de doenças ocupacionais e fatalidades.
3. **Pilar econômico:** produtividade, balanço energético líquido, valor agregado bruto, mudanças no consumo de combustíveis fósseis e biomassa tradicional, treinamento e requalificação da mão-de-obra, diversidade energética, infraestrutura e

logística de distribuição da bioenergia, capacidade e flexibilidade do uso da bioenergia

Outra meta da força-tarefa em Sustentabilidade é identificar as sinergias entre as diferentes iniciativas e encorajar a integração destes princípios de forma a obter mais consistência e eliminar sobreposições desnecessárias.

Por sua vez, a força-tarefa em Emissões de Gases de Efeito Estufa tem como objetivo desenvolver uma metodologia comum e transparente a ser utilizada no levantamento de emissões de GEE associadas à bioenergia. Em junho de 2009, a força-tarefa publicou um documento preliminar contendo um “Quadro Metodológico Comum para a Análise do Ciclo de Vida de GEE da Bioenergia” para a divulgação inicial e testes. A revisão deste documento foi publicada em Janeiro de 2011 e utilizará os comentários recebidos dos usuários para criar uma ferramenta útil para a contabilização doméstica das emissões e geração de relatórios. Esta ferramenta será utilizada no cálculo das GEE dos biocombustíveis constante dos critérios de sustentabilidade descritos acima (GBEP 2011).

4.4. Iniciativas voluntárias nacionais

4.4.1. Programa Brasileiro de Certificação em Biocombustíveis

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), estabeleceu em 2007 um grupo de trabalho com o objetivo de elaborar um programa voluntário de certificação de biocombustíveis, que englobaria os parâmetros de qualidade do combustível, bem como parâmetros socioambientais relativos à sua produção, incluindo as emissões de GEE.

A publicação do “Programa Brasileiro de Certificação de Biocombustíveis” estava prevista para o início de 2009, o que não se concretizou até a data de conclusão desta tese.

5. PANORAMA MUNDIAL DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

A produção mundial de biocombustíveis está aumentando gradativamente. Antes restrita a alguns países, principalmente etanol no Brasil e nos Estados Unidos, e biodiesel em países da Europa, hoje se observa a disseminação destes combustíveis renováveis por diversos continentes. A Tabela 9 abaixo apresenta os 15 países que mais produziram biocombustíveis no ano de 2010.

Tabela 9 - Principais produtores de biocombustíveis, 2010

	Etanol	Biodiesel	Total
	(bilhões de litros)		
Estados Unidos	49	1,2	50,2
Brasil	28	2,3	30,3
Alemanha	1,5	2,9	4,4
França	1,1	2,0	3,1
China	2,1	0,2	2,3
Argentina	0,1	2,1	2,2
Espanha	0,6	1,1	1,7
Canadá	1,4	0,2	1,6
Tailândia	0,4	0,6	1,0
Itália	0,1	0,8	0,9
Indonésia	0,1	0,7	0,8
Bélgica	0,3	0,4	0,7
Polônia	0,2	0,5	0,7
Reino Unido	0,3	0,4	0,7
Colômbia	0,4	0,3	0,7
Total União Europeia	4,5	10	14,5
Total mundial	86	19	105

Fonte: REN21 , 2011

Neste capítulo serão abordadas em mais detalhes as políticas para as regiões em desenvolvimento, principalmente para países da América Latina, Caribe e África, uma vez que estas regiões abrangem as áreas com maior potencial de produção de biocombustíveis.

Estudo desenvolvido por Smeets et al. (2007) sobre o potencial de produção global de bioenergia para 2050, apontou as regiões da África Subsaariana e América Latina e Caribe como tendo o maior potencial de produção de resíduos agrícolas que poderiam ser utilizados na produção de bioenergia.

Por sua vez, o “Global Agro-Economic Zones (GAEZ)”, sistema desenvolvido pela FAO em conjunto com o IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) identificou e quantificou, com base em condições climáticas e de solo, as áreas com potencial de produção de matérias-primas para biocombustíveis³³.

No caso específico da cana-de-açúcar não irrigada, foram identificados 135 milhões de hectares adequados ou muito adequados e 130 milhões de hectares moderadamente adequados, em áreas agricultadas (dos quais apenas 22 milhões encontram-se atualmente cultivados com cana). Para áreas não protegidas o potencial global estimado é de 87 milhões de hectares adequados ou muito adequados, dos quais 26 milhões de hectares estão localizados na África e 54 milhões de hectares na América do Sul (FISCHER et al, 2009).

Os resultados obtidos pelo GAEZ sobre aptidão para o cultivo de cana-de-açúcar sem irrigação são mostrados no mapa da Figura 17, no qual as áreas mais verdes são as mais apropriadas, as áreas em amarelo são medianamente apropriadas e as áreas em cinza são inapropriadas.

Figura 17 - Áreas aptas à produção não-irrigada de cana-de-açúcar

Fonte: (FISCHER et al., 2009)

Pode-se observar que as regiões com maior aptidão para o cultivo da cana-de-açúcar sem irrigação estão localizadas na América do Sul e Central, no Caribe, na África Central e alguns países do oeste e sul africanos, além do sul da Índia e Sudeste Asiático.

³³ Foram analisadas as seguintes culturas: cana-de-açúcar, milho, mandioca, colza, soja, palma e pinhão manso.

Apesar da aptidão para a produção de biocombustíveis estas são as regiões em desenvolvimento que produzem as menores quantidades de etanol, conforme pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 - Produção mundial de etanol em 2010

Continente / País	Produção de etanol (bilhões de litros)
América do Norte e Central	51,9
Estados Unidos	50,0
América do Sul	26,9
Brasil	26,2
Europa	4,6
Ásia	3,0
Oceania	0,25
África	0,16

Fonte: RFA, 2011

Excluindo-se as produções de etanol dos Estados Unidos e do Brasil, conclui-se que a região da América Latina e Caribe produz cerca de 2,6 bilhões de litros de etanol. A partir dos dados disponíveis não é possível verificar se o etanol hidratado exportado para o Caribe que será posteriormente vendido aos Estados Unidos está somado na produção da América Central, o que causaria uma contabilidade dobrada e diminuiria ainda mais a produção local de etanol.

5.1. Experiências internacionais e políticas de incentivo à produção e uso de biocombustíveis

Diversos países estão promovendo a produção e o uso de biocombustíveis por meio da adoção de políticas públicas.

Como descrito no Capítulo 3, os países membro da União Europeia e os Estados Unidos estabeleceram metas com o intuito de aumentar a segurança energética e reduzir as emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis.

No caso da União Europeia, a Diretiva determina que, no ano 2020, no mínimo 20% do consumo final de energia da Comunidade seja produzida a partir de fontes renováveis, e que

ao menos 10% da energia consumida pelo setor de transporte em cada estado-membro seja proveniente de fontes renováveis.

Para os Estados Unidos, o *EISA* estabeleceu uma tabela progressiva de introdução de biocombustíveis na matriz energética, cujo objetivo é atingir, em 2022, o consumo de 280 bilhões de litros, incluindo etanol, biodiesel e combustíveis celulósicos, como apresentado na Tabela 8.

A seguir serão apresentadas as políticas de incentivo à produção e uso de biocombustíveis nas regiões em desenvolvimento, onde a produção de biocombustível pode ser o vetor de desenvolvimento da economia no meio rural enquanto contribui para o aumento da segurança energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa.

5.1.1. América Latina e Caribe

Entre os países da América Latina e Caribe existe um número crescente de nações que estão adotando os biocombustíveis.

Na Argentina, o programa nacional de biocombustíveis (Lei 26.093/2006 e o Decreto 109/2007) tratam da utilização de biocombustíveis etanol, biodiesel e biogás. A legislação determina o uso de misturas de 5% para etanol e biodiesel. Em relação ao etanol, a aplicação da lei deverá ser implementada progressivamente, pois o país não é capaz de atender a demanda. Quanto ao biodiesel, a Argentina já é um dos maiores produtores mundiais, possuindo matéria-prima e capacidade instalada suficientes para atender a demanda nacional (FUNDACIÓN BARILOCHE, 2011).

A Argentina possui uma interessante estrutura para produção de biodiesel, na qual os grandes produtores são autorizados a produzir apenas para exportação, deixando o mercado nacional para os pequenos produtores. Essa fórmula reduz as tensões entre os dois grupos ao estabelecer claramente o papel de cada ator no mercado.

O Uruguai aprovou a Lei 18.195/2007 que aponta a utilização progressiva de misturas de etanol até atingir a mistura de 5% no ano de 2015, e a também adoção progressiva da mistura de biodiesel até o limite de 2% em 2011 atingindo 5% em 2012. A produção local ainda não é suficiente para suprir o mercado interno, porém está sendo desenvolvido um projeto, juntamente com a empresa de petróleo estatal, ANCAP, promovendo o desenvolvimento da cultura canavieira, particularmente em áreas menos desenvolvidas (FUNDACIÓN BARILOCHE, 2011).

No Paraguai o Ministério da Indústria e Comércio, por meio da Resolução 235/2007, estabeleceu a mistura obrigatória progressiva de 1% de biodiesel, em 2007, 3% em 2008 e 5% em 2009, porém devido à falta de capacidade produtiva local a porcentagem de biodiesel voltou a ser de 1%. A Lei 2.748/2005 determinou a mistura, a partir de 2006, de etanol à gasolina entre 20% e 24%. Em maio de 2008, o governo aprovou o Decreto 1.2240 que reduziu a carga tributária do biodiesel e etanol e eliminou o imposto de importação sobre veículos bicomcombustível e E85 novos e usados (USDA 2009).

Na Colômbia, a promoção dos biocombustíveis teve início em 2001, com a Lei 693 que estipulou regras para o uso de etanol e criou incentivos para produção, comércio e consumo deste combustível. Em 2004, a legislação promoveu incentivos para biocombustíveis de origem vegetal e animal para ser utilizado em motores diesel (CENBIO; CENTROCLIMA, 2011).

Especificamente em relação ao etanol o Decreto 1.135/2009, estabelece que todos os veículos até 2.000 cilindradas, fabricados, montados, importados, distribuídos ou comercializados no país que utilizem gasolina como combustível, devem possuir sistema bicomcombustível que permite a utilização de misturas de até 85% de etanol. A legislação estabelece um cronograma para que as montadoras se adéquem e define que, a partir de 2012, 60% dos veículos comercializados no mercado colombiano sejam bicomcombustível, passando a 80% em 2014 até atingir 100% em 2016. Veículos acima de 2.000 cilindradas de todas as marcas e modelos deveram ser aptos a utilizar E85 a partir de 2013. Para veículos fabricados antes de 2012 a mistura permanecerá a atual, de 10% de etanol.

No México, além da Lei de Promoção e Desenvolvimento dos Bioenergéticos, cujo intuito é promover a diversificação da matriz energética, existe uma vasta legislação que compreende

os aspectos ambientais e sociais da produção de biocombustíveis. Entretanto, o uso de biocombustíveis não é obrigatório no país (BIOTOP 2009).

Na Costa Rica, a utilização de etanol começou a ser desenhada na década de 1970, quando o governo federal planejou o “Programa de Combustíveis Renováveis” com o intuito de reduzir sua dependência de petróleo, assim como aconteceu no Brasil. Dessa forma, iniciou-se a construção de uma destilaria anexa à uma usina de açúcar cujo objetivo era produzir etanol suficiente para iniciar no país a utilização de uma mistura de 20% do álcool à gasolina. Ao final de 1978 a destilaria entrou em operação, no entanto, até 1983 quando decidiu encerrar as atividades, haviam sido produzidos apenas 24,6 milhões de litros – menos de 10% de sua capacidade (NOGUEIRA, 2004).

Os principais entraves apontados foram a reduzida competitividade frente ao açúcar e à gasolina, a quantidade insuficiente de cana-de-açúcar disponível, além da infraestrutura inadequada de distribuição e problemas nos motores dos automóveis provocados pela ausência de conhecimento técnico específico, que pode ser verificado pelo simples fato de o programa haver sido iniciado com uma alta porcentagem de mistura em motores sem qualquer tipo de adaptação (NOGUEIRA, 2004).

Em maio de 2003 o governo costarriquenho decidiu retomar o uso de etanol e por meio do Decreto 31.087 que determinou o estabelecimento de um grupo técnico de trabalho para estudar os diferentes aspectos relacionados à produção e uso de etanol como oxigenante em substituição ao MTBE da gasolina.

O Programa Nacional de Biocombustíveis, publicado em janeiro de 2008, cujo objetivo é aumentar a segurança energética do país e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, estabelece como metas a utilização de mistura obrigatória de 7,5% de etanol à gasolina e 5% de biodiesel ao diesel a partir de 2008, devendo atingir níveis de substituição de 10% para o etanol e 20% para o biodiesel em 2010. Entretanto, a utilização de E 7,5 na Costa Rica foi adiada para o final de 2009 devido à necessidade de adaptação da infraestrutura de fornecimento, em especial dos postos de abastecimento (AGUERO, 2011), mas até o momento o combustível só está disponível em algumas localidades do norte do país (VILLEGAS; CAMPOS, 2011), e o governo não tem planos de expandir a oferta. Além disso, pesquisa recente sobre a idade da frota revelou que mais de 56% dos veículos leves tem mais de 16 anos de idade e serão necessárias adaptações (os tanques de combustível são metálicos)

para permitir o uso de etanol, o que está sendo visto de forma negativa pela população (LOAIZA, 2011).

Outros países da região, tais como El Salvador, Honduras, Nicarágua, Guatemala, Peru, Equador e República Dominicana possuem legislação de estímulo à produção e uso de biocombustíveis, mas não há misturas obrigatórias e a produção local é pequena, inexistente, ou destina aos mercados externos (principalmente União Europeia e Estados Unidos que oferecem vantajosos acordos comerciais).

5.1.2. África

Na África, etanol é produzido para utilização como substituto da gasolina, desde a década de 70. Devido aos altos preços do petróleo, países que não possuem reservas e dependem da importação deste combustível, como Zimbábue, Maláui e Quênia, estabeleceram usinas de etanol como alternativa energética.

A África do Sul é o maior mercado da região. O país estabeleceu uma política denominada Estratégica Industrial de Biocombustíveis (The Biofuels Industrial Strategy of the Republic of South Africa) cujo objetivo é criar uma indústria de biocombustíveis que seja capaz de suprir um mercado de 2% de biocombustíveis do consumo nacional de combustíveis líquido em 5 anos, o equivalente 400 milhões de litros por ano. Os cultivares a serem utilizados para a produção de biocombustíveis são cana-de-açúcar e beterraba açucareira para etanol e girassol, canola e soja para biodiesel. O programa demandará cerca de 1,4% das terras agricultáveis do país. O país adotará misturas obrigatórias de biocombustíveis apenas quando a produção estiver garantida (DEPARTMENT OF MINERALS AND ENERGY, 2007)

A Estratégia definiu uma meta ousada, projetando a produção de 400 milhões de litros em cinco anos, quando a produção atual é nula. As principais críticas ao programa são o impedimento de utilizar milho, uma vez que os produtores locais garantem ser capazes de aumentar a produção e assim garantir o consumo nacional, e também a falta de clareza do marco político, o que afasta investidores (PRASAD, 2010).

O Maláui produz etanol desde 1982 e utiliza a mistura de 10% à gasolina. O país também tem realizado testes com motores dedicados exclusivamente ao etanol. A produção atual é de 18 milhões de litros, sendo metade consumida no país em misturas E10, e o restante exportado para outros países da África. Há duas usinas em operação no país, com capacidade instalada total de 32 milhões de litros, porém a quantidade de melaço disponível é inferior à capacidade instalada. O governo pretende estimular o incremento da produção de cana-de-açúcar para poder operar a plena carga (PRASAD, 2010).

A Tabela 11 abaixo mostra a produção e consumo de etanol em países da região sul da África, bem como a demanda projetada para o ano de 2015.

Tabela 11 - Mercado de etanol no Sul da África

Etanol 2006	Consumo total (milhões de litros)	Produção total (milhões de litros)
África do Sul	0	0
Maláui, Zâmbia, Zimbábue, Botsuana	18	18
Etanol 2010-2015	Demanda projetada (milhões de litros)	Capacidade produtiva projetada (milhões de litros)
África do Sul	280-330	250-300
Maláui, Zâmbia, Zimbábue, Botsuana	105-120	105-120

Fonte: ECONERGY, 2008

Em Moçambique, a Política e Estratégia sobre biocombustíveis publicada em 21 de maio de 2009 (REPÚBLICA DE MOZAMBIQUE, 2009) determina que o setor de biocombustíveis irá colaborar para segurança energética e o desenvolvimento sustentável socioeconômico. O Plano de Ação define três etapas de mistura mandatória. Na primeira fase (2009 – 2015), chamada fase piloto, está prevista a utilização de misturas com 10% de etanol (E10) e 5 % de biodiesel (B5). A segunda fase (2015 – 2021), ou fase operacional, deverá expandir estas misturas para todo o território nacional e autoriza o uso de E20 e B20. Na terceira fase, ou fase de expansão (a partir de 2021) deverá ser desenvolvida uma rede paralela de distribuição para misturas acima de E25 e B75, com o objetivo de chegar a E100 e B100 (PRASAD, 2010).

A Política e Estratégia Nacional de Biocombustíveis institui a regulamentação da produção de biocombustíveis e estabelece diretrizes voltadas tanto ao setor público quanto ao privado. Determinou que as principais matérias-primas para a produção de etanol serão a cana-de-

açúcar e o sorgo, enquanto para o biodiesel serão pinhão manso e coco, o que não impede que haja outro tipo de matéria-prima (REPÚBLICA DE MOZAMBIQUE, 2009).

O Instituto Moçambicano de Pesquisa Agrícola estimada haver entre 6,5 e 12,2 milhões de hectares disponíveis para a expansão da produção agrícola. De acordo com o Ministério de Energia, a demanda criada pelo uso de 10% de biocombustíveis será de 12,3 milhões de litros em 2010, aumentando para 21 milhões de litros em 2015 (PRASAD, 2010).

Segundo o Ministro de Energia, a utilização de E10 e B3 será iniciada em 2012; e o país tem capacidade produtiva para suprir a demanda interna, porém o interesse do governo é continuar a promoção da produção de etanol visando a exportação nos próximos anos (GIL, 2011).

O Quênia está entre os países dependentes da importação de petróleo que iniciou a produção de etanol na década de 70. A unidade industrial construída no país produzia 45 mil litros de etanol por dia, suficiente para cumprir a meta de uso de E10, e reduzir a dependência energética do país. Entretanto, a falta de interesse político e de políticas claras para produção, mistura e comercialização levaram à extinção do programa. Atualmente, o etanol produzido é utilizado apenas como aditivo, para fins industriais e exportado para países da África Central e Oriental (AFREPREN 2009).

No Sudão, a maior indústria açucareira local, a estatal Kemama Sugar Company, inaugurou, em julho de 2009, uma planta que utiliza tecnologia brasileira, e produz 200 mil litros de etanol diariamente. A Kemama possui um contrato de fornecimento de 5 milhões de litros de etanol para o Reino Unido (AFREPREN 2009).

Em Uganda, a companhia açucareira nacional (SCOUL), que atualmente produz 50 mil toneladas de açúcar ao ano, solicitou ao governo 7,1 mil hectares para expandir sua produção de açúcar e começar a produzir etanol, que será mistura à gasolina em teores de até 15% (AFREPREN 2009).

A Etiópia produz 8 milhões de litros de etanol ao ano, que são destinados ao mercado internacional. O governo pretende expandir a produção nas três usinas existentes no país e construir mais uma unidade, atingindo uma produção anual de 128 milhões de litros de etanol (AFREPREN 2009).

6. DESAFIOS E CONDICIONANTES EXISTENTES À PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE ETANOL DE FORMA SUSTENTÁVEL NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão apresentados os impedimentos existentes à produção e comercialização de etanol nos países em desenvolvimento.

6.1. Condicionantes institucionais

O primeiro obstáculo a uma maior participação de biocombustíveis na matriz energética de qualquer país é a falta de políticas adequadas, como a obrigatoriedade de mistura de uma parcela do combustível renovável ao combustível fóssil.

Em alguns países a falta de um marco legal adequado e a burocracia geram insegurança nos investidores, dificultam a obtenção de financiamentos e impactam os custos administrativos do projeto (MITCHELL, 2010).

No caso da geração de eletricidade usando biomassa, políticas como obrigatoriedade de compra e tarifas especiais não existem nos países em desenvolvimento, o que não incentiva potenciais investidores.

Outra barreira é a falta de incentivos locais para a produção de biocombustíveis para exportação, uma vez que a maioria dos países em desenvolvimento potencialmente produtores está inserida em acordos comerciais com a Europa ou Estados Unidos e poderiam deles se beneficiar para ter acesso a estes importantes mercados.

A necessidade de um marco legal pode ser exemplificada pelo caso de Zâmbia, país africano dependente de petróleo importado com alto custo de transporte devido à sua posição geográfica, mas também produtor de cana-de-açúcar, e cuja produção de açúcar é suficiente para suprir o mercado doméstico e exportar. Neste país, o melaço gerado na produção de

açúcar - que em muitos países é utilizado como matéria-prima para a produção de etanol não pode ter essa destinação por falta de uma política nacional que incentive o uso deste biocombustível. Assim, em Zâmbia o melaço é utilizado para “pavimentar” as ruas do canavial.

Por sua vez, o Maláui, país com produção similar de açúcar, utiliza o melaço para produzir etanol suficiente para ser misturado à gasolina na proporção de 10%, reduzindo seus gastos com importação e economizando divisas (MITCHELL, 2010).

No caso da Guatemala, país também dependente da importação de petróleo, há uma lei³⁴ que permite o uso de E25 no país; no entanto a maior parte da cana-de-açúcar produzida é convertida em açúcar destinado ao consumo interno e à exportação. Do etanol produzido a partir do melaço 74,6% é utilizado na indústria de bebidas e cosméticos e o restante é vendido à Europa para ser utilizado como combustível. A produção de etanol combustível para ser utilizado no país demanda investimentos em infraestrutura de produção e comercialização, além de revisão do marco legal e negociações entre os grupos interessados (SOLANO; HURTADO, 2010).

Um ponto importante que deve ser observada diz respeito à posse de terra, que é um problema em alguns locais, como por exemplo, a região amazônica brasileira e em especial o continente africano, onde o registro formal de terra é encontrado entre 2% e 10% das propriedades. (DEININGER, 2003).

Por questões históricas e culturais, é comum na África a utilização da terra de forma comunitária, para pastagens e atividades agrícolas, porém estas são consideradas terras públicas. As famílias que nela trabalham há várias décadas possuem direitos precários que podem ser perdidos para investidores com pouca ou nenhuma compensação, por falta de modernização da política fundiária pois, além da propriedade da terra, seu valor é igualmente incerto (COTULA; TOULMIN; HESSE, 2004; MITCHELL, 2010).

³⁴ Decreto 59-90, de 06 de fevereiro de 1991

6.2. Condicionantes econômicas

No caso específico da África os fornecedores de matéria-prima em geral são produtores independentes de pequeno porte, e por este motivo possuem acesso restrito ao crédito e conhecimento extremamente limitado sobre a produção agrícola; tais limitações restringem as possibilidades dos produtores de obter maior produtividade, reduzindo assim o custo de produção. Além disso, a necessidade de investimento na qualificação de mão-de-obra é um custo adicional para o investidor (MITCHELL, 2010).

A exigência de certificação pode ser vista como uma barreira não-comercial que visa proteger os produtores locais dos países importadores. Há não apenas as dificuldades de atendimento aos critérios de sustentabilidade propriamente ditos (por falta de capacitação local tanto no setor produtivo quanto para certificação), mas fatores indiretos como os custos da certificação e a falta de certificadoras nacionais reconhecidas internacionalmente (UNCTAD 2006).

De fato os produtores que se submetem a um processo de certificação devem arcar com os custos da adaptação de seus sistemas de forma a atender aos critérios, além do pagamento da empresa certificadora. Segundo (PACINI; ASSUNÇÃO, 2011) existem ainda alguns esquemas de certificação que cobram taxas de filiação.

Os custos decorrentes de um processo de certificação ainda são incertos e difíceis de serem estimados, uma vez que cada entidade possui suas especificidades. Segundo a *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB) (informação pessoal)³⁵, seu sistema de auditoria e certificação classifica os projetos de acordo com a classe de risco da operação, que por sua vez se baseia no tipo de operação e o contexto geral. Desta forma os projetos que apresentarem maiores riscos deverão passar por auditorias mais frequentes com os respectivos custos. Analogamente, os custos de tornar um projeto compatível com os critérios da RSB dependerão da concepção original do projeto e das modificações necessárias para atender os critérios, logo os custos dependerão da quantidade de alterações necessárias, não havendo um valor padrão para os custos de certificação.

³⁵ Mensagem recebida, em 10/03/2011, de Sébastien Haye, Gerente de Questões Ambientais (sebastien.haye@epfl.ch)

Ainda no que diz respeito à certificação, segundo a empresa *TÜV SÜD Industry Service* (informação verbal)³⁶ o custo de certificação dependerá do tamanho do empreendimento e pode custar de US\$ 20 mil a US\$ 200 mil.

Nos países menos desenvolvidos, pode-se mencionar também a falta de infraestrutura de produção e escoamento do produto final, seja para o consumo doméstico ou para exportação. Como exemplificado no capítulo anterior para o caso da Costa Rica, a falta de condições adequadas para a mistura, distribuição e posterior comercialização nos postos de abastecimento tem atrasado o cumprimento efetivo da lei de promoção de biocombustíveis. O mesmo acontece em países da África, conforme descrito por (CORNLAND et al., 2001) e (MITCHELL, 2010).

A falta de recursos para investimentos se tornou uma realidade após a crise financeira global; este efeito foi sentido inclusive no Brasil, onde até 2008 o setor sucroalcooleiro crescia à taxa de 10% ao ano e desde então esta taxa caiu para 3,3% ao ano (UNICA 2011).

Outra questão de ordem econômica diz respeito à flutuação dos preços e a garantia da oferta de etanol. Por ser baseado em um produto agrícola o preço está sujeito a eventuais problemas que possam causar uma queda na produção da matéria-prima, e também à volatilidade do mercado de açúcar, o que pode ocasionar o declínio da produção de etanol e consequente desabastecimento do mercado doméstico, como aconteceu no Brasil no final da década de 1980, quando os preços do açúcar no mercado internacional tornaram a produção de etanol menos rentável.

O acesso aos principais mercados internacionais, principalmente nos Estados Unidos e União Europeia, pode ser uma barreira, no entanto há muitos países em desenvolvimento incluídos em acordos comerciais bilaterais.

O Acordo de Cotonou é o texto base que guia parcerias entre países em desenvolvimento e a União Europeia (UE). Desde o ano 2000, este tem sido o sistema utilizado para as relações entre a UE e 79 países da África, Caribe e do Pacífico (ACP). O acordo tem sido operacionalizado por meio do Sistema Geral de Preferências (*Generalised System of*

³⁶ Informação fornecida por Alice Beining (alice.beining@tuev-sued.de). Seminário F. O. Licht Sugar & Ethanol 2011. São Paulo, 26 de março de 2011.

Preferences - GSP), que possui três diferentes regimes (EUROPEAN COMMISSION TRADE, 2010):

- O Sistema Geral de Preferências propriamente dito é esquema preferencial de acesso ao mercado aberto aos 176 países e territórios em desenvolvimento e que oferece acesso ilimitado e livre de taxas para a grande maioria dos seus produtos exportados ao mercado europeu.
- O Sistema Geral de Preferências Mais (GSP Plus) tem por objetivo incentivar o desenvolvimento sustentável e governança adequada. Entre 2009 e 2011 qualificou 16 países a participar deste esquema que oferece redução adicional de tarifas a países em desenvolvimento considerados vulneráveis³⁷, os quais tenham ratificado e implementado 27 convenções internacionais específicas sobre direitos humanos, direitos trabalhistas, governança e desenvolvimento sustentável.
- O acordo conhecido como “*Everything but Arms*”³⁸ (“Tudo exceto armas”), que desde 2001 garante acesso livre ao mercado da União Europeia para todos os produtos, com exceção às armas, aos 39 países classificados pela Organização das Nações Unidas como “menos desenvolvidos” (39 dos 79 países ACP).

A Tabela 12 mostra o montante importado dos países em desenvolvimento para o mercado europeu no âmbito do GSP para o ano de 2008. Considerando que o total importado pela UE no período foi € 1.564,9 bilhões (Eurostat 2010), significa que a importação de produtos via Sistema Geral de Preferências representou 4,38% das importações da União Europeia, o que é pouco, dadas as favoráveis condições comerciais, no entanto reflete a limitação de oferta de bens pelos países menos desenvolvidos, que comercializam produtos primários, de baixo valor agregado.

³⁷ Qualquer país beneficiário do GSP+ deve ser considerado vulnerável quanto ao seu tamanho ou à limitada diversidade de suas exportações. Baixa diversificação e dependência significa que as cinco maiores categorias de exportação para a UE no âmbito da GSP representam mais de 75% do total de suas exportações GSP. As exportações GSP dos países também devem representar menos de 1% do total de importações GSP da UE.

³⁸ No caso específico do açúcar, entre 1 de outubro de 2009 e 30 de setembro de 2012, o importador deve garantir um preço mínimo de compra do produto que não seja inferior a 90% do seu preço de referência (Comissão Europeia, 2010)

Tabela 12 - Comercialização sob o Sistema Geral de Preferências

2008	Importações sob GSP	Isenção fiscal
	(€ milhões)	(€ milhões)
GSP padrão	56.900	2.050
GSP+	5.800	577
EBA	5.800	657
Total	68.500	3.284

Fonte: EUROPEAN COMMISSION TRADE, 2010

Segundo Desplechin (2009 apud RACHED, 2011) aproximadamente 70% do etanol importado pela União Europeia tem origem em países incluídos nos regimes preferenciais. Isso acontece, porque o etanol proveniente de países que não se enquadram em nenhum dos acordos, é aplicado um imposto de importação cuja alíquota é de € 0,192 por litro de etanol não desnaturado e € 0,102 por litro de etanol desnaturado (RACHED, 2011).

Não obstante a cobrança de alíquotas de importação, a competitividade do etanol importado frente ao produto nacional ainda é prejudicada devido aos subsídios oferecidos aos produtores europeus (Tabela 13), que foi equivalente a €841 milhões em 2008.

Tabela 13 - Subsídios fornecidos os produtores de etanol na UE

	Unidade	Matéria-prima	
		Beterraba	Grãos
Subsídio por litro equivalente de combustível fóssil deslocado	€ por litro equivalente	0,64 – 0,87	1,38 – 1,93
Subsídio por tonelada de emissão CO ₂ equivalente evitada	€ por tonelada	186 – 299	669 - 1422
Preço de CO ₂ equivalente compensado, <i>European Climate Exchanges</i> , FY 2008-2009	€ por tonelada	16,25	

Fonte: JUNG et al, 2010 apud RACHED, 2011

Outra barreira econômica à exportação de etanol é devida à política vigente nos Estados Unidos onde, como forma de incentivo à utilização de etanol (nacional ou importado) misturado à gasolina, é fornecido um crédito tributário de US\$ 0,45/galão (US\$ 0,119/litro) a refinarias e distribuidoras. Como forma de anular o benefício ao etanol importado, aplica-se uma alíquota de importação de 2,5% *ad valorem* mais uma tarifa de US\$ 0,54/galão (US\$ 0,143/litro).

Em 16 de junho de 2011, o Senado norte-americano aprovou uma emenda retirando o crédito tributário aos produtores e eliminando a tarifa de importação imposta ao produto brasileiro,

que teria efeito imediato, que para ser adotada dependia da aprovação do Congresso nacional e sanção do Presidente norte-americano. De fato, esta foi uma medida com uma mensagem política mais importante do que resultados práticos, uma vez que o subsídio e a tarifa de importação expiram em 31 de dezembro de 2011 (MSNBC 2011).

Os países caribenhos da CBTPA³⁹ são isentos de impostos e podem exportar um volume de etanol a partir de matéria-prima “não-doméstica” equivalente a 7% do consumo interno norte-americano. Até o ano 2011, quando passou a ser importador de etanol dos Estados Unidos, o Brasil costumava ser o maior exportador de etanol para os Estados Unidos (cerca de 1,5 bilhão de litros em 2008), seguido por Jamaica, Costa Rica e El Salvador. Grande parte do etanol vendido pelos países da CBTPA aos Estados Unidos é etanol hidratado importado do Brasil e desidratado no Caribe, visto que estes países ainda não tem produção própria.

6.3. Barreiras ambientais

Como em qualquer atividade produtiva, também a instalação de uma unidade para a produção de biocombustíveis tende a causar impactos ambientais que podem, e devem, ser minimizados por meio do cumprimento de leis e a aplicação de boas práticas ambientais, políticas restritivas e fiscalização efetiva visando garantir o uso sustentável dos recursos naturais.

Em relação aos impactos ambientais, estes riscos estão associados à perda de biodiversidade, disponibilidade de água, erosão, poluição do solo e dos recursos hídricos e emissão de poluentes atmosféricos, quando não há legislação adequada de controle. Quando existe legislação é essencial que o sistema de fiscalização seja eficiente para garantir seu cumprimento.

³⁹ O conjunto de programas de preferências comerciais dos Estados Unidos que beneficiam os países do Caribe, é conhecido como Iniciativa para a Bacia do Caribe (ICT), e foi concebido originalmente como forma de incentivar o desenvolvimento econômico e promover as exportações nos países caribenhos oferecendo tratamento preferencial no mercado norte-americano. É constituído por 24 países do Caribe e América Central, mais a Guiana. Lançado originalmente em 1983, através da Lei de Recuperação Econômica da Bacia do Caribe (CBERA – Caribbean Basin Economic Recovery Act) em 2000 foi expandida pela Lei de Parceria para o Comércio EUA-Bacia do Caribe (US – Caribbean Basin Trade Partnership Act – CBTPA).

Os riscos de desmatamento para utilização da terra e o uso de áreas inadequadas para o cultivo de cana-de-açúcar (ou qualquer outra cultura) aumentam pela ausência de políticas públicas adequadas de preservação e medidas que assegurem seu cumprimento. Um exemplo é a ocupação histórica do interior do estado de São Paulo, baseada, sobretudo na expansão de atividades agrícolas. O estado cujo território tinha 80% de sua área coberto por florestas, tem hoje 17,5%, ou 4,34 milhões de hectares de remanescentes fragmentado e distribuídos de forma heterogênea (KRONKA, 2005) sendo que 1 milhão de hectares de matas ciliares encontram-se degradadas, o que representa 120.000 km de margens de cursos d'água desprotegidos (SMA 2007).

A produção de uma fonte de energia pode intensificar o uso de recursos hídricos; além disso, por ser baseada em produtos agrícolas a falta de um gerenciamento adequado de fertilizantes e pesticidas, além do correto tratamento e disposição de efluentes, podem afetar a qualidade da água e do solo (COELHO et al., 2011).

A indisponibilidade de água para irrigação algumas vezes acontece, não pela escassez de recursos hídricos, mas pela falta de infraestrutura de captação. Um exemplo é a região da África Subsaariana, onde 4% da produção agrícola utiliza irrigação, o que corresponde a apenas um sexto do potencial disponível (IWMI, 2007 apud COELHO et al., 2011).

Em relação à preservação dos solos agrícolas, os principais impactos negativos estão ligados a perda de solo por erosão, ao uso excessivo de defensivos agrícolas e fertilizantes que podem contaminar o solo e inclusive as águas subterrâneas dependendo do tipo de terreno (MACEDO, 2005).

6.4. Barreiras sociais

Uma importante barreira social, que perpassa várias outras e que também foi identificada na seção referente às barreiras econômicas, é a falta de mão-de-obra capacitada.

A utilização de mão-de-obra qualificada terá impacto positivo direto na qualidade da produção tanto agrícola quanto industrial.

A falta de capacitação afeta também a implementação dos critérios de certificação, uma vez que é necessária mão-de-obra qualificada tanto na produção agrícola e industrial dos biocombustíveis, quanto na avaliação e aplicação da certificação em si.

Não se pode deixar de mencionar a importância de uma legislação que proteja os direitos dos trabalhadores, que em geral é fraca, ou até mesmo, inexistente.

Um assunto controverso e frequentemente apontado como um impacto negativo da produção de biocombustíveis, e que pode ser encontrado, inclusive, como um critério de sustentabilidade nos sistemas de certificação existentes - como, por exemplo, a RSB apresentada no Capítulo 4 - é o risco à segurança alimentar. Entende-se nestes casos, por segurança alimentar a capacidade de populações produzirem alimentos na região onde vivem, no entanto segurança alimentar é afetada por diversos fatores onde a demanda de biocombustíveis seria um fator adicional dentre vários outros.

Conforme salientado em (UNCTAD, 2008) a produção de biocombustíveis pode afetar a segurança alimentar de diferentes maneiras: na disponibilidade e produção local de alimentos, no preço dos alimentos, na renda rural e via comércio internacional. Ou seja, a determinação dos efeitos da produção de biocombustíveis na segurança alimentar depende de análises macroeconômicas e outros fatores que independem dos produtores destes combustíveis renováveis.

A produção de biocombustíveis pode, de fato, prejudicar a produção de alimentos caso recursos naturais utilizados para a produção de alimentos seja destinada para a produção de biocombustíveis (DORNBURG et al., 2010), mas por outro lado pode trazer benefícios como a revitalização e o desenvolvimento da agricultura, a geração de novos empregos, o aumento da renda dos produtores por meio da comercialização de um produto de alto valor agregado e o acesso à energia (e os impactos positivos dela derivados) (COTULA; DYER; VERMEULEN, 2008; FAO, 2010; FAO, 2008; MÜLLER et al, 2007; OECD/FAO, 2009) .

7. PROPOSTA VISANDO À PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

Diversos estudos discutem e apresentam propostas de políticas para a iniciar um programa de produção de etanol de cana-de-açúcar em países em desenvolvimento; entretanto o foco destes trabalhos não é a sustentabilidade da produção e sim a atividade produtiva.

Um exemplo é o estudo publicado pelo (CGEE 2009) que propõe diretrizes para a elaboração de um marco regulatório para o setor sucroalcooleiro: entre as nove proposições apresentadas apenas uma diz respeito à certificação e descreve de maneira genérica a importância da criação de um sistema nacional de certificação socioambiental.

Mitchell (2010) apresenta um amplo estudo sobre a realidade africana e as dificuldades encontradas em diversos países; no entanto as propostas de políticas apresentadas se restringem à produção agrícola e industrial bem como à criação de um mercado consumidor. Em relação aos aspectos de sustentabilidade, é mencionada a necessidade de políticas que garantam a aplicação das melhores práticas e que evite impactos negativos ao meio ambiente e são apontados alguns aspectos que devem ser tratados pela legislação tais como proteção de áreas sensíveis e emissões de poluentes atmosféricos, sem especificar quais ações devem ser implementadas.

Assim, com base nos levantamentos que foram realizados sobre a sustentabilidade socioambiental da produção de etanol de cana-de-açúcar demonstrados no capítulo 3, à luz dos critérios de sustentabilidade que estão sendo apresentados no cenário internacional (e descritos no capítulo 4) e considerando as barreiras identificadas no capítulo 6, este capítulo apresenta propostas que sejam viáveis para países com menor grau de desenvolvimento, visando tornar sustentável sua produção de etanol de cana-de-açúcar.

Em muitos casos, não é possível exigir – como acontece em alguns sistemas de certificação – que a melhor tecnologia disponível seja utilizada em todos os países, no entanto é viável introduzir sistemas intermediários, com prazos pré-estabelecidos para a melhoria da qualidade dos sistemas de produção e políticas que privilegiem a melhor qualificação dos trabalhadores e o desenvolvimento da indústria local.

Embora a ideia de *leapfrogging* tecnológico seja desejável para países em desenvolvimento, pois os permitiria saltar etapas na escala de desenvolvimento tecnológico e adotar tecnologias mais limpas e modernas, acelerando seu processo de crescimento, em geral tais países possuem capacidade limitada de implementação, seja por falta de capital financeiro ou humano (GOLDEMBERG, 2011).

Isso não significa que países em desenvolvimento não possam adotar tecnologias intermediárias, e aproveitar parte do aprendizado adquirido por outras nações ao longo do tempo. Assim, no que diz respeito à produção de etanol, o Brasil é um país que desde a implantação do Programa do Álcool, em 1975, adquiriu experiência que pode ser compartilhada com outros países para que estes possam produzir etanol de uma maneira sustentável que seja condizente com seu grau de desenvolvimento.

7.1. Propostas no âmbito institucional

A criação de um ambiente institucional e político seguro é essencial para atrair investidores externos para a produção de biocombustíveis. Assim um governo deve estabelecer regras claras ao estabelecer um mercado de biocombustíveis.

Uma política de promoção dos biocombustíveis não deve apenas criar um mercado consumidor por meio de porcentagens obrigatórias de mistura, mas deve também estabelecer quantidades adequadas de mistura e garantir a qualidade do combustível. Como apresentado no Capítulo 5, o governo da Costa Rica estabeleceu misturas de 7,5% de etanol, no entanto a frota nacional não está preparada para suportar esta quantidade de mistura, já no caso da África do Sul o governo estabeleceu um programa para desenvolvimento do setor produtivo que garanta a oferta de biocombustíveis antes de estabelecer metas.

Dessa forma, em uma primeira fase, garantir que o biocombustível tenha a mesma remuneração que o açúcar é uma forma de atrair os produtores.

No caso da produção voltada para a exportação, dois pontos são essenciais para o sucesso do programa: o estabelecimento do mercado consumidor e de parceiros comerciais atrairá

investidores; e a definição de padrões de qualidade que atendam às especificações do mercado consumidor para garantir a aceitação do produto.

Com relação à atratividade para o uso é fundamental, a definição do preço do etanol ao consumidor final que deverá ser competitivo com o combustível fóssil. Neste caso o governo deverá analisar e definir a necessidade (ou não) de subsídios e por quanto tempo eles serão adotados. Estudos de viabilidade econômica permitem determinar estas questões.

O processamento da cana-de-açúcar proporciona a utilização do bagaço da cana para produção de eletricidade, no entanto a falta de políticas e remuneração adequadas acabam por não incentivar a cogeração eficiente, que pode ser importante para aumentar o acesso à eletricidade em regiões menos desenvolvidas. Objetivando a promoção da geração de eletricidade excedente para venda, muitos países tem estabelecido o sistema de “*Feed-in tariffs*” que garante aos produtores de eletricidade a partir de fontes renováveis o acesso à rede de distribuição e estabelece tarifas fixas e diferenciadas de compra da eletricidade (REN21 2011), porém muitos países da África Subsaariana não demonstram interesse nesta área.

Outra possibilidade é um programa do tipo “*Renewable Portfolio Standards*” (RPS) que exige uma porcentagem mínima da oferta da eletricidade seja suprida por energias renováveis, que também tem sido adotados em diversos países. Esses programas são aplicados tanto em nível federal, quanto estadual (REN21 2011). No Brasil, um exemplo de RPS é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), apresentado no Capítulo 2.

Conforme identificado no capítulo 6, a legalização da posse de terra, principalmente nos países africanos, é precária. Os governos de diversos países, com o intuito de legalizar a situação das pessoas que ocupam estas áreas, estão dando a posse da terra aos seus usuários habituais ou entidades que as administrem (DEININGER, 2003).

Em países onde esta questão não está recebendo o mesmo tratamento é necessário o desenvolvimento de políticas fundiárias que possam proteger os pequenos agricultores. Vale lembrar que o problema não se aplica exclusivamente ao mercado de biocombustíveis e sim a qualquer atividade que possa ser desenvolvida na área.

7.2. Propostas na esfera econômica

Identificou-se que os pequenos produtores encontram dificuldades em obter financiamentos para investir na melhoria do seu processo agrícola. Seria importante a concepção de programas de crédito como, por exemplo, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), do Ministério do Desenvolvimento Agrário do Brasil, que financia projetos individuais ou coletivos, que gerem renda aos agricultores familiares e assentados da reforma agrária; ou então programas de microcrédito para populações de baixa renda que usualmente não tem acesso às formas convencionais de crédito.

Os custos referentes à certificação dos biocombustíveis são outra barreira identificada especialmente porque em diversos países em desenvolvimento não há certificadoras qualificadas para a execução do trabalho, o que aumenta o custo de uma certificação. Assim, investimentos em capacitação de mão-de-obra local em certificação é uma forma de desenvolver o mercado local de certificação e reduzir custos.

A unidade industrial deve ser instalada em uma área próxima a lavoura da cana-de-açúcar e também a uma infraestrutura de distribuição (rodovias e portos) para facilitar o escoamento da produção e a diminuir os custos de transporte do produto final. Alternativamente pode-se utilizar-se as rotas de distribuição de derivados para escoar a produção de biocombustível.

Além disso, o desenvolvimento de uma rede distribuição que seja capaz de atender a população é essencial para conquistar a confiança do consumidor.

Em relação à volatilidade dos preços do etanol, a manutenção de estoques reguladores ou cotas de exportação são formas de proteger o consumidor local de aumentos do preço de venda e desabastecimento.

De uma forma geral os países devem avaliar se os custos de desenvolvimento de uma indústria de biocombustíveis serão compatíveis aos benefícios obtidos, isto é, verificar o impacto da produção local de etanol para consumo doméstico frente às importações de petróleo e derivados, ou o impacto na balança comercial da exportação deste produto. Em países que dispõe de poucos recursos a escolha sobre como investi-los muitas vezes acaba sendo feita com base nas necessidades de curto prazo, não sendo possível identificar e apostar

nos benefícios alcançados a médio e longo prazos. No entanto benefícios como a geração de empregos e ampliação da indústria local são positivos para o desenvolvimento do país devem ser considerados.

7.3. Propostas relativas aos impactos ambientais

De modo a fornecer uma visão lógica esta análise e proposição de políticas e ações será desenvolvida segundo as etapas de produção agrícola e industrial do etanol.

Começando pelo cultivo da cana-de-açúcar o primeiro aspecto é a determinação do local onde será instalada a unidade produtora, que deve ser instalada em um raio ótimo (cerca de 30 quilômetros) da lavoura de cana.

Idealmente a região deve ter solo adequado, condições climáticas propícias – incluindo um regime de chuvas que reduza a necessidade de irrigação, disponibilidade de água, além de não ser uma área de vegetação nativa e proteção de biodiversidade.

Como pode ser apreendido do caso brasileiro, a elaboração de um zoneamento agroambiental é uma forma de conhecer a disponibilidade de recursos naturais qualitativa e quantitativamente, determinar quais são as áreas mais apropriadas para o cultivo energético, identificar gargalos referentes à infraestrutura de distribuição, sendo uma ferramenta importante para disciplinar o uso do solo e a produção de culturas energéticas, protegendo o meio ambiente.

No caso de países que não tenham recursos para desenvolver estudos com elevado grau de sofisticação, sugere-se que primeiramente sejam desconsideradas para fins de cultivo as áreas de vegetação nativa, áreas de vegetação ciliar e reservas de biodiversidade. Em segundo lugar, deve ser considerada a disponibilidade hídrica, seja pela presença de corpos d'água e/ou pelo regime de chuvas, deve ser averiguada uma vez que o rendimento agrícola da cana-de-açúcar está direta e intimamente relacionado à quantidade de água disponível durante o ciclo de crescimento da planta.

A disponibilidade de água é essencial para se atingir um bom rendimento agrícola da cultura de cana.

O desenvolvimento de cultivares mais adaptados às condições climáticas, resistente a seca e a pragas, é essencial para que se possa obter bom rendimento agrícola, otimizando o uso de recursos naturais e reduzindo os impactos ambientais.

Conforme discutido no Capítulo 3, as principais demandas hídricas em uma indústria de açúcar e álcool acontecem nos processos de limpeza dos colmos e nos processos de resfriamento de diferentes etapas da produção. As usinas do estado de São Paulo tem obtido êxito em reduzir o consumo de água principalmente devido à introdução da limpeza a seco da cana-de-açúcar; etapa que era responsável por 25% do consumo de água há 10 anos, e hoje representa cerca de 10%.

Embora seja uma tecnologia mais avançada, em regiões que apresentam déficit hídrico sua implementação deve ser ponderada. Há, no entanto métodos mais simples para reduzir o consumo de água, como por exemplo, a substituição de mesas de recepção de cana planas, ou com ângulos entre 12° e 18°, por ângulos de 45° que aumentam o tempo de contato entre a cana e a água, reduzindo pela metade a quantidade de água utilizada (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009a).

Em relação à perda de solo por erosão, observa-se na experiência brasileira a pequena perda de solo, comparativamente a outras culturas. Ademais, o uso de colheita mecanizada e manutenção do palhço no solo, e as técnicas de plantio direto e/ou cultivo mínimo contribuem para a redução da erosão, além de melhorar as condições físicas e de fertilidade do solo, bem como o aumento do teor de matéria orgânica, nutrientes e água armazenados (CGEE, 2009).

No caso do uso de defensivos agrícolas, os volumes utilizados também são inferiores a outras culturas, sendo a redução dos volumes utilizados possível por meio do desenvolvimento de espécies de cana-de-açúcar resistente a determinadas pragas, e pelo uso de controle biológico.

O uso de fertilizantes está diretamente relacionado à qualidade do solo e o fator mais importante para a redução dos níveis de adubação é a reciclagem de nutrientes por meio da aplicação dos resíduos do processo industrial, tais como a torta de filtro e a vinhaça.

Em relação à vinhaça, o resíduo com maior potencial poluidor da indústria sucroalcooleira, seu lançamento em corpos d'água é totalmente inadmissível devido aos sérios problemas de contaminação que causa, tanto que esta prática está proibida no Brasil desde 1978. Porém ainda não existe um método definitivo de disposição final da vinhaça que seja totalmente isento de riscos ao meio ambiente, e por este motivo pesquisas voltadas tanto para a disposição final quanto para a redução da quantidade de vinhaça produzida, estão sendo desenvolvidas.

Assim, a prática comum atualmente é o emprego da vinhaça na fertirrigação, que além de resolver o problema com a disposição deste resíduo, traz benefícios econômicos pela substituição parcial, ou total, de fertilizantes minerais e reduz a quantidade de água necessária para irrigação.

É sabido que a disposição da vinhaça no solo deve ser realizada de forma controlada, de modo a não prejudicar a qualidade de solo, tampouco das águas subterrâneas. O nutriente com maior concentração na vinhaça é o potássio, e por este motivo é utilizado como um dos parâmetros para calcular a taxa de aplicação no solo.

Segundo Elia Neto e Shintaku (2009b) as dosagens de aplicação de vinhaça variam de acordo com a necessidade da planta, a concentração de potássio disponível no solo e o grau de saturação quanto à concentração de troca catiônica que se pretende manter. Logo, solos que já contenham grande concentração de potássio não são adequados para a aplicação de vinhaça.

Vale ressaltar que é imprescindível o revestimento adequado das áreas onde se instalarão piscinas de estabilização e canais de distribuição com mantas impermeabilizantes a fim de evitar a contaminação do solo e de águas subterrâneas.

Quanto às emissões atmosféricas, no caso brasileiro, a legislação federal foi adotada em 1990 (no caso do estado de São Paulo há um Decreto de 1976), que utiliza como parâmetro basicamente o atendimento ao padrão de emissão de fumaça branca na saída da chaminé⁴⁰. Apenas com a instituição da Resolução CONAMA 382/2006, passou a existir padrões de emissão para materiais particulados, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono.

⁴⁰ escala Ringelmann =1

Tais parâmetros demandam a utilização de tecnologias mais eficientes de controle, tais como o emprego de retentores de fuligem via úmida, em detrimento dos tradicionais sistemas por via seca (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009a). Pode-se dizer que, em regiões que apresentem bons índices de qualidade do ar e condições favoráveis de dispersão atmosférica – diferentemente do estado de São Paulo, onde grande parte das usinas está localizadas em bacias cuja capacidade de suporte encontra-se saturada ou em vias de saturação – tecnologias menos sofisticadas e o controle das condições de operação (tais como temperatura e quantidade de oxigênio presente na câmara de combustão), sejam inicialmente suficientes para uma operação adequada das caldeiras.

Vale lembrar que o estabelecimento de padrões de emissão deve ser exigido de todo o parque industrial existente e não apenas das usinas sucroalcooleiras.

7.4. Propostas na área social

Ao ser planejada e introduzida de maneira consistente, uma indústria de biocombustíveis pode atuar como vetor de desenvolvimento de certa região. A criação de empregos rurais auxilia a fixação da população no campo, gera renda para estes indivíduos e melhora a qualidade de vida em regiões onde usualmente se vive com menos de US\$ 1,00 por dia.

A primeira barreira identificada no Capítulo 6 diz respeito à limitação da mão-de-obra e os custos envolvidos na qualificação destes empregados, o que reduziria a competitividade da produção.

O exemplo brasileiro mostra que, principalmente entre os trabalhadores rurais, o grau de escolaridade é bastante baixo e que as atividades industriais exigem um maior nível de educação sendo necessários e programas de capacitação e requalificação profissional. Tais programas estão sendo promovidos nas diferentes esferas de governo, com o apoio de associações de classe e empresários de outras áreas correlatas, tais como produtores de equipamentos, conforme exemplificado no capítulo 3.

O projeto COGEN for AFRICA, financiado pelo *Global Environment Facility* (GEF), desenvolvido conjuntamente pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e o Banco Africano de Desenvolvimento (AfDB) e cuja execução está a cargo do AFREPREN/FWD (*Energy, Environment and Development Network for Africa*), visando implementar a cogeração eficiente no continente, com base na experiência de Maurício, onde 40% da eletricidade é proveniente da cogeração com bagaço de cana.

O projeto envolve atualmente sete países e estuda a cogeração em indústrias de açúcar, chá e madeiras. Foram instalados e comissionados 20,8 MW (3,8 MWe + 17 MWt) de sistemas eficientes de cogeração (caldeiras de média e alta pressão) e está prevista a instalação de outros 220 MW ainda em 2011 (AFREPREN 2011).

Além de desenvolver os estudos de utilização dos resíduos para cogeração, as atividades do projeto ainda incluem a organização de workshops regionais para a capacitação de mão-de-obra local para operar sistemas eficientes e mostra que com o apoio adequado é possível desenvolver tecnologia de ponta em países em desenvolvimento.

A importância de projetos como este, reside na capacitação local para a utilização de resíduos agrícolas de maneira eficiente, para produzir eletricidade em países que são importadores líquidos de energia e onde a maior parte da população não tem acesso à energia (CENBIO, 2011)

Por ser baseada em um produto agrícola, a produção de etanol é uma atividade que demanda grande quantidade de trabalhadores rurais, podendo ser também cultivada por produtores independentes e cooperativas de pequenos produtores.

A colheita mecânica da cana-de-açúcar é uma técnica que possui benefícios ambientais devido à diminuição da emissão de poluentes atmosféricos causada pela queima da palha da cana, mas que em contrapartida elimina cerca de 80 postos de trabalho para cada máquina em atividade.

É certo que o trabalho como cortador de cana é uma atividade extenuante, especialmente em países em desenvolvimento onde, diferentemente do Brasil, o corte é realizado sem queima prévia do canavial, tornando a atividade ainda mais desgastante; porém para países em

situação de miséria e falta de emprego, principalmente entre a população menos qualificada, a criação de postos de trabalho na zona rural parece ser positivo.

A exigência de que países em desenvolvimento utilizem colheita mecânica da cana-de-açúcar soa inconsistente, pois tais máquinas são caras e dependem de operadores altamente qualificados para sua operação. Assim, em um primeiro estágio de desenvolvimento o emprego do corte manual pode trazer benefícios para a população local, e o estabelecimento de um plano de ação que inclua a capacitação da mão-de-obra e a eliminação gradativa da colheita manual.

Apesar da existência de leis que estabeleçam prazos para a eliminação da queima da palha da cana, vale lembrar que, ainda hoje, 35 anos após o lançamento do Programa do Alcool, o Brasil - considerado a sexta economia mundial - tem como prática o emprego do fogo previamente à colheita manual da cana, atividade que emprega milhares de trabalhadores.

Deve-se, pois estabelecer leis trabalhistas que garantam os direitos dos trabalhadores, tais como condições dignas, salubres e seguras de trabalho, formalização da mão-de-obra, método de pagamento adequado, direito de associação, além é claro da não utilização de mão-de-obra infantil e escrava.

Quanto às discussões relativas à segurança alimentar, a mudança do uso do solo e a diminuição da produção de subsistência podem causar uma redução da disponibilidade de algum alimento, porém a criação de empregos no campo e o aumento da renda pode impactar positivamente a segurança alimentar destas pessoas, permitindo o acesso a uma dieta de melhor qualidade.

Não obstante, a produção associada de cana-de-açúcar e outros cultivos agrícolas, ou mesmo de pecuária, já se mostra viável, conforme as experiências apresentadas no Capítulo 3. Enfim, conclui-se que o risco existe para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola, e que a maneira mais apropriada de equacionar esta questão é por meio do desenvolvimento de uma estrutura agrícola que contemple tanto a produção de alimentos quanto de biocombustíveis.

A introdução da indústria pode ser seguida também da adoção de boas práticas voltadas à responsabilidade social, tais como programas destinados a saúde e educação, como oficinas

de qualificação e o incentivo a prática de atividades esportivas e culturais, que envolvam também as famílias dos trabalhadores.

Como foi possível observar, a lista de condicionantes existentes à introdução da produção de etanol de cana-de-açúcar em países em desenvolvimento é extensa, sendo necessárias políticas adequadas para sua eliminação.

A tabela a seguir apresenta um sumário das principais barreiras encontradas, qualificando-as segundo o impacto que podem ter para a introdução de um programa de produção de etanol de cana-de-açúcar em países em desenvolvimento.

Cabe ressaltar que além destes condicionantes, os países devem contar com mecanismos e legislação que garantam a produção minimizando os riscos ao meio ambiente, o respeito aos direitos trabalhistas e a segurança alimentar.

Tabela 144 - Principais condicionantes à introdução de um programa sustentável de produção de etanol

CONDICIONANTES	GRAU	POLÍTICAS	COMENTÁRIO
Políticas que garantam a existência de um mercado consumidor de biocombustíveis	Alto	Estabelecimento de teores obrigatórios de biocombustível adicionado à gasolina	
Garantia de suprimento do mercado interno	Médio	Manutenção de estoques reguladores Garantia de paridade de preço entre o etanol e o açúcar Definição do preço final do etanol competitivo com a gasolina Definição de padrões de qualidade para o etanol Estabelecer cotas de exportação	Produção de etanol está relacionada ao preço do açúcar no mercado internacional Estudos de viabilidade econômica para definir investimentos/subsídios Garantia de oferta gera confiança ao consumidor
Falta de infraestrutura de produção e distribuição	Alto	Estabelecimento de programas de financiamento para incentivar o desenvolvimento de infraestrutura Criação de uma ampla rede de distribuição Utilização das rotas de distribuição de derivados	A infraestrutura de distribuição é essencial para garantir o fornecimento ao consumidor final.
Falta de políticas de incentivo à geração de eletricidade a partir de biomassa	Baixo	Estabelecimento de incentivo do tipo “feed-in tariffs” ou “renewable portfolio standard”	A geração de eletricidade é um benefício adicional da produção de etanol, mas não limita sua fabricação.
Falta de um ambiente político e institucional que inspire segurança a investidores	Alto	Definição de um marco legal que atraia os investidores.	A falta de um marco legal claro e a burocracia geram insegurança aos investidores
Acesso restrito ao crédito por parte dos pequenos produtores	Médio	Desenvolvimento de programas de microcrédito e crédito rural	Limitação no investimento em melhorias que elevem a produtividade agrícola.
Política fundiária precária ou inexistente	Alto	Adequação e desenvolvimento de políticas fundiárias que protejam pequenos agricultores	Em menos de 10% da terra na África há documentos formais de posse de terra.
Falta de mão-de-obra qualificada	Alto	Investimento em programas de qualificação profissional nas atividades agrícolas, industriais e gerenciais.	A geração de empregos rurais tem papel positivo na melhoria da qualidade de vida e fixação do homem no campo
Custos de certificação	Baixo		Irrelevante quando o foco é apenas o mercado interno

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta tese foi analisar a produção de biocombustíveis evidenciando que esta pode realizada de maneira sustentável, além de ser uma alternativa econômica para países em desenvolvimento.

Para tanto é premente a elaboração de um marco legal que garanta um ambiente institucional adequado, economicamente atrativo para investidores e que promova a produção de maneira a minimizar os impactos ambientais e sociais.

As políticas públicas atuam tanto como indutores de desenvolvimento ao exigir o cumprimento de determinados parâmetros, tais como limite de captação de água e eliminação da colheita de cana queimada; quanto como disciplinadores, como os zoneamentos agroambientais que estabelecem limites à expansão da cultura canavieira.

Por sua vez, o investimento em pesquisa visando o desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar adequadas para diversas condições climáticas e resistentes a pestes, a redução do consumo de água e a colheita mecanizada, viabiliza uma produção mais sustentável.

Pode-se depreender da experiência brasileira que há legislação adequada visando à produção sustentável de biocombustíveis. De modo geral, o que falta, em alguns casos, é fiscalização suficiente para garantir o cumprimento das leis ambientais e sociais.

Nesse sentido, as exigências do mercado internacional e da sociedade civil tem um papel positivo de estimular as boas práticas socioambientais.

Em relação aos critérios de certificação, existem diversos esquemas sendo propostos pelos mais diferentes grupos; porém é importante que seja definida uma metodologia única, que possa ser utilizada pelos produtores. Além disso, os parâmetros adotados devem ser transparentes, baseados em dados confiáveis e verificáveis, contando ainda com uma metodologia de monitoramento e verificação de conformidade.

Para os países que estão iniciando a produção de biocombustíveis, o grau de exigência da certificação poderia ser diferente de países que já o produzem há vários anos. Critérios de certificação que estabeleçam patamares de desenvolvimento e prazos são recomendáveis.

É importante salientar que certas exigências não devem ser flexibilizadas, como por exemplo, o uso de mão-de-obra escrava, mas em áreas que demandem desenvolvimentos tecnológicos e investimentos em equipamentos e qualificação de pessoal, tecnologias mais avançadas, como a colheita mecanizada de cana crua, poderiam ser adotadas de forma gradual.

Os custos da adoção de esquemas de certificação não devem prejudicar os produtores de biocombustíveis. Qualquer custo adicional deverá ser repassado ao consumidor, e desta maneira a competitividade dos biocombustíveis frente aos combustíveis fósseis será reduzida.

Tampouco as exigências de certificação, podem tornar-se barreiras não-comerciais à entrada de biocombustíveis nos mercados de países desenvolvidos.

O respeito e manutenção ao meio ambiente devem ser observados, no entanto não se deve limitar o desenvolvimento de uma nação, tampouco tolher o direito a melhores condições de vida sob o pretexto da proteção ambiental. O exemplo brasileiro mostra que está sendo possível expandir a produção sucroalcooleira minimizando, por meio do desenvolvimento tecnológico e de políticas públicas, os impactos negativos ao meio ambiente.

As principais limitações da tese ocorreram pela dificuldade de obtenção de dados desagregados, informações confiáveis e atualizadas para os países em desenvolvimento. Em especial para os países do continente africano, os estudos utilizados fornecem informações generalizadas.

Pesquisas futuras podem eleger países para desenvolver estudos de caso e aprofundar os aspectos aqui inicialmente levantados.

9. REFERÊNCIAS

- AFREPREN. *Cogen for Africa*. 2011. <http://www.afrepren.org/cfa/> (acesso em 03 de novembro de 2011).
- AFREPREN. “Inception Report Bio-Energy Thematic Study GNESD.” Relatório de projeto, Nairobi, 2009.
- Aguero, M. “Recope descarta plan de etanol a corto plazo.” *La Nación*. 21 de abril de 2011. www.nacion.com/2010-07-14/ElPais/NotasSecundarias/ElPais2446754.aspx (acesso em 21 de abril de 2011).
- Ajanovic, Amela. “Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices ?” *Energy*, abril de 2010: 2070-2076.
- ANFAVEA. *Carta da ANFAVEA*. São Paulo: ANFAVEA, 2012.
- Baccarin, José Giacomo, José Jorge Gebara, e Julio Cesar Borges. “Avanço da mecanização canavieira e alterações na composição, na ocupação, na sazonalidade e na produtividade do trabalho em empresas sucroalcooleiras, estado de São Paulo.” *Informações Econômicas*, 2010.
- Bazilian, Morgan, et al. “Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach.” *Energy Policy*, 2011, 12 ed.: 7896–7906.
- BIOTOP. “Biofuel policies and legislation in Latin America.” Relatório de projeto, 2009, 42.
- BNDES, e CGEE. *Bioetanol de cana-de-açúcar - Energia para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.
- Bragato, Ivelise Rasera, Elisabete Stradiotto Siqueira, Graziela Oste Graziano, and Eduardo Eugênio Spers. “Produção de açúcar e álcool vs. responsabilidade social corporativa: as ações desenvolvidas pelas usinas de cana-de-açúcar frente às externalidades negativas.” *Gestão & Produção* 15, no. 1 (jan-abr 2008): 89-100.
- Brahmbhatt, M, e O Canuto. “Natural Resources and Development Strategy after the Crisis.” *The World Bank PREMNotes Economic Policy* 147 (2010).

Braunbeck, Oscar, and Julieta T. A. Oliveira. "Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico." *Engenharia Agrícola*, janeiro/abril 2006: 300-308.

Braunbeck, Oscar, e Luis Cortez. "O cultivo da cana-de-açúcar e o uso de resíduos." In: *Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira*, por Rosillo-Cale, Bajay e Rothman. Campinas: UNICAMP, 2005.

CADER. "Estado de la Industria Argentina de Biodiesel: Reporte Cuarto Trimestre 2010." *Camara Argentina de Energías Renovables*. janeiro de 2011.
<http://www.argentinarenovables.org/archivos/Estado-Industria-Biodiesel-enero2011.pdf>.

Camargo, Ana Maria Montragio Pires de, Denise Viani Caser, Felipe Pires de Camargo, Mário Pires de Almeida Olivette, Raquel Castellucci Caruso Sachs, and Sérgio Alves Torquato. "Dinâmica e tendência da expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, estado de São Paulo, 2001-2006." *Informações Econômicas*, 2008: 47-66.

Camargo, José Marangoni. "Relações de trabalho na agricultura paulista no período recente." Campinas: Unicamp, 2007.

CARB. "Final Regulation Order LCFS." Sacramento, 2009.

CARB. "LOW CARBON FUEL STANDARD SUSTAINABILITY WORKPLAN." Sacramento, 2010.

Castro, Nivalde José, Roberto Brandão, e Guilherme de A. Dantas. "A bioeletricidade sucroenergética na matriz elétrica." In: *Etanol e bioeletricidade : a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética*, por Eduardo L. Leão de Souza e Isáias de Carvalho Macedo, 313. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação Ltda., 2010.

CENBIO. "África: abastecida por contrastes." *Revista Brasileira de Bioenergia*, no. 12 (novembro 2011): 6-11.

CENBIO. "Levantamento georreferenciado do potencial de resíduos de cana-de-açúcar no Brasil visando à produção de álcool combustível através da tecnologia de hidrólise enzimática." São Paulo, 2009.

CENBIO, and CENTROCLIMA. "Bioenergy, rural development and poverty alleviation in Brazil and Colombia." São Paulo, 2011.

CENTRO DE TECNOLOGIA COPERSUCAR. "Perdas na fermentação: é possível reduzir!" *Industrial Informa*. Vol. 50. 1996. 1-2.

CGEE. *Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil*. Brasília: CGEE, 2009.

CGEE. "Estudo Energias Renováveis – Etanol de Cana Áreas Tradicionais." Brasília, 2008.

Chen, S.T., H.I. Kuo, and C.C. Chen. "Modeling the relationship between the oil price and global food prices." *Applied Energy*, 2010: 2517–2525.

Coelho, Suani Teixeira. *Avaliação da Cogeração de Eletricidade a partir de Bagaço de Cana em Sistemas de Gaseificador/Turbina a Gás São Paulo*. Dissertação (Mestrado), São Paulo: Universidade de São Paulo, 1992.

Coelho, Suani, et al. "Trade-offs, Land and Water." In *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*, by GEA, no prelo. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2011.

COGEN. "DataCogen." *COGEN*. 2011. <http://www.datacogen.com.br/indicad.asp> (acesso em 28 de janeiro de 2011).

CONAB. *A Geração Termoelétrica com a Queima do Bagaço de Cana-de-Açúcar no Brasil - Análise do Desempenho da Safra 2009-2010*. Brasília: CONAB, 2011.

CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira - Cana-de-Açúcar - Primeiro Levantament*. CONAB, 2011.

CONAB. *Perfil do Setor do Açúcar e do Alcool no Brasil*. Brasília: Conab, 2008.

CONAMA. *RESOLUÇÃO 382*. Brasília, Dezembro 26, 2006.

Cornland, Deborah W, et al. *Sugarcane Resources for Sustainable Development: A Case Study in Luena, Zambia*. Stockholm: Stockholm Environment Institute, 2001.

Correia, Bruna de Barros. *Requisitos de Sustentabilidade para Biocombustíveis e as Normas do Direito Internacional*. Dissertação (Mestrado), Campinas: UNICAMP, 2011.

Cotula, L, N Dyer, and S Vermeulen. *Fuelling Exclusion? The Biofuels Boom and Poor People's Access to Land*. Londres: International Institute for Environment and Development, 2008.

- Cotula, Lorenzo, Camilla Toulmin, and Ced Hesse. *Land Tenure and Administration in Africa: Lessons of Experience and Emerging Issues*. Londres: IIED, 2004.
- Cramer, Jaqueline, et al. "Testing framework for sustainable biomass - Final report from the project group sustainable production of biomass." Amsterdã, 2007.
- Deininger, Klaus. *Land Policies for Growth and Poverty Reduction*. Washington: World Bank and Oxford University Press, 2003.
- Department for Transport. "The Renewable Transport Fuel Obligations (Amendment) Order 2009." Londres, 2009.
- Department of Minerals and Energy. "Biofuels Industrial Strategy of the Republic of South Africa." 2007.
- Desplechin, Emmanuel. "Acesso ao Mercado: Desafios globais para o Etanol." *Opiniões*, julho 2009: 21-29.
- Donzelli, Jorge Luis. "Preservação dos solos agrícolas." In: *A Energia da Cana-de-açúcar - Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil*, por Isaías Carvalho Macedo, 135-142. São Paulo: Berlendis & Vertecchia, 2005.
- Dornburg, Veronika, et al. "Bioenergy revisited: key factors in global potentials of bioenergy." *Energy and Environmental Science*, 2010: 258-267.
- Econergy. *Mozambique Biofuels Assessment*. Washington, D.C.: Ecoenergy, 2008.
- Egeskog, A, G Berndes, F Freitas, S Gustafsson, and G Sparovek. "Integrating bioenergy and food production—A case study of combined ethanol and dairy production in Pontal, Brazil." *Energy for Sustainable Development*, 2011: 8-16.
- Elia Neto, André. "Workshop sobre Cobrança pelo Uso da Água - CBH-PCJ." *Workshop Cobrança pelo Uso da Água, Comitê Bacia Hidrográfica Piracicaba, Capivari e Jundiá*. Piracicaba, 1996.
- Elia Neto, André, e Alberto Shintaku. "As boas práticas industriais." In: *Manual de conservação e reúso de água na agroindústria sucroenergética*, por ANA, FIESP, UNICA e CTC, 183-256. Brasília, 2009b.

Elia Neto, André, e Alberto Shintaku. "Usos e reúsos de água e geração de efluentes." In: *Manual de conservação e reúso de água na agroindústria sucroenergética*, por ANA, FIESP, UNICA e CTC, 69-179. Brasília, 2009a.

Embrapa. *Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

Energy Research Centre Univesity of Cape Town. "Bioenergy, rural development and poverty alleviation in Southern Africa." Cape Town, 2010.

EPA. "40 CFR Part 80. Regulation of Fuels and Fuel Additives:Changes to Renewable Fuel Standard Program; Final Rule." 2010.

Esmaeili, Abdoukarim, and Zainab Shokoohi. "Assessing the effect of oil price on world food prices: Application of principal component analysis." *Energy Policy*, 2011: 1022–1025.

European Commission Trade. "Generalised System of Preferences (GSP)." 12 de outubro de 2010. http://ec.europa.eu/europeaid/what/development-policies/intervention-areas/trade/index_en.htm (acesso em 23 de abril de 2011).

Eurostat. *External and intra-EU trade - statistical yearbook - Data 1958 - 2009*. European Union: Eurostat, 2010.

FAO. *Bioenergy and Food Security. The BEFS analysis for Tanzania*. Roma: FAO, 2010.

—. *FAOSTAT*. 2011. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (acesso em 29 de setembro de 2011).

—. "Soaring Food Prices: Facts, Perspectives, Impacts And Actions Required." *High-Level Conference on World Food Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy*. Roma, 2008.

Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., Hawthorne, P. "Land clearing and the biofuel carbon debt." *Science*, 2008, 319 ed.: 1235-1238.

Figueiredo, Eduardo Barretto de , and Newton La Scala Jr. "Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil." *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2011: 77-85.

Fischer, G, et al. *Global Agro-ecological Zones Assessment for Agriculture (GAEZ 2008)*. Laxenburg/Roma: IIASA/FAO, 2008.

Fischer, Günther, Eva Hizsnyik, Sylvia Prieler, Mahendra Shah, and Harrij van Velthuisen. *Biofuels and Food Security*. Vienna: The OPEC International , 2009.

Fischer, Günther, Harrij van Velthuisen, Mahendra Shah, and Freddy Nachtergaele. *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results*. Laxenburg: IIASA, 2002.

Fonseca, Maria Batista da, and Maria Cristina Silva Paixão. "A produção de etanol de cana na Paraíba: alternativas de sustentabilidade." *Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*. Campo Grande, 2010.

Fredo, C E, M N Otani, C da S L Baptistella, and M C M Vicente. "Recorde na geração de empregos formais no setor agropecuário paulista em 2006." *Análise e Indicadores Econômicos* 3, no. 3 (fevereiro 2008): 1-5.

Fundación Bariloche. "Bioenergy for Rural Development and Poverty Alleviation - GNESD." San Carlos de Bariloche, 2011.

GBEP. *GBEP*. 2011. <http://www.globalbioenergy.org/programmeofwork/sustainability/gbep-24-sustainability-indicators/en/> (acesso em 23 de outubro de 2011).

—. "GBEP Sustainability Indicators for Bioenergy." *GBEP*. 2011. http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/2011_events/11th_TF_Sustainability_Stockholm_15-17_March_2011/indicators/names_and_descriptions.pdf (acesso em 23 de outubro de 2011).

Gil, Fernando. "Biocombustíveis e petróleo: Mistura obrigatória a partir de 2012." *Moçambique para todos*. 14 de agosto de 2011. http://macua.blogs.com/moambique_para_todos/2011/08/biocombust%C3%ADveis-e-petr%C3%B3leo-mistura-obrigat%C3%B3ria-a-partir-de-2012.html (acesso em 15 de novembro de 2011).

Gohin, A, and F Chantret. "The long-run impact of energy prices on world agricultural markets: the role of macro-economic linkages." *Energy Policy*, 2010: 333–339.

Goldemberg, José. "Technological leapfrogging in the developing world." *Georgetown Journal of International Affairs*, Winter / Spring de 2011: 135-141.

- . "Ethanol for a sustainable energy future." *Science*, fevereiro 09, 2007: 808-810.
- Goldemberg, José. "Sugarcane ethanol: strategies to a successful program." In: *Advanced Biofuels & Bioproducts*, por James W Lee. Springer, s.d.
- Goldemberg, José, e Patricia Guardabassi. "Are biofuels a feasible option ?" *Energy policy*, 2009, 37 ed.: 10-14.
- Goldemberg, José, Suani Teixeira Coelho, e Patricia Guardabassi. "The sustainability of ethanol production from sugarcane." *Energy Policy*, 2008: 2086–2097.
- Goldemberg, José, Suani Teixeira Coelho, Plínio Mario Nastari, e Oswaldo dos Santos Lucon. "Ethanol learning curve - the Brazilian experience." *Biomass and Bioenergy*, 2004: 301-304.
- Gorren, Regiane Catarina Ribeiro. *Social Aspects of Ethanol Policies in a Producing Region of Brazil*. Dissertação (Mestrado), Maastricht: Universidade de Maastricht, 2011, 83.
- Guardabassi, Patricia. *Sustentabilidade Da Biomassa Como Fonte De Energia Perspectivas Para Países Em Desenvolvimento*. Dissertação (Mestrado), São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006, 126.
- IBGE. *Banco de Dados Agregados*. 2011b. www.sidra.ibge.gov.br (acesso em 15 de novembro de 2011).
- . *Pesquisa Agrícola Municipal 2009*. 2011.
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp> (acesso em abril de 2 de 2011).
- ICONE. "Efeitos indiretos da mudança no uso da terra (indirect land use change)." In *Estudo de Sustentabilidade da Produção de Etanol de Cana-de-Açúcar*, by CGEE, 639. Brasília: CGEE, 2009.
- IEA. *CO2 emissions from fuel combustion*. Paris: IEA, 2011.
- . "Instituto de Economia Agrícola." *Área e Produção dos Principais Produtos da Agropecuária*. 2011.
http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1 (acesso em 2 de 4 de 2011).
- IPCC. *Carbon Dioxide Capture and Storage*. New York: Cambridge, 2005.

IPCC. *Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 - Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC, 2007.

IPT. *IPT*. 2011. <http://www.ipt.br/projetos/4.htm> (acesso em 29 de setembro de 2011).

IWMI. *Water for Food Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan, 2007.

Jung, Anna, Philipp Dörrenberg, Anna Rauch, e Michael Thöne. *Biofuels – at what cost? government support for ethanol and biodiesel in the European Union – 2010 update*. IISD, 2010.

Kitayama, Onorio. "Bioeletricidade: perspectivas e desafios." *III Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica – Gesel/IE/UFRJ*. Rio de Janeiro, 2008.

Kronka, F J N. *Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo*. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005.

La Rovere, Emílio Lèbre, André Santos Pereira, and André Felipe Simões. "Biofuels and Sustainable Energy Development in Brazil." *World Development*, 2011: 1026–1036.

Laurence, W.F. "Switch to corn promotes Amazon deforestation." *Science*, 2007, 318 ed.: 1721.

Loaiza, Vanessa N. "56% de la flotilla vehicular debe tomar provisiones por etanol." *La Nación*. 19 de abril de 2011. www.nacion.com/2011-04-20/ElPais/NotasSecundarias/ElPais2754499.aspx (acesso em 21 de abril de 2011).

Lucon, Oswaldo dos Santos. "BioTio Project WP4: Sustainability of biofuels production in Latin America." São Paulo, 2008.

Macedo, Isaias de Carvalho, and Luis Augusto Horta Nogueira. *Balanço de Energia na produção de açúcar e álcool nas usinas cooperadas*. Boletim técnico Copersucar, 1985.

Macedo, Isaias. *A Energia da Cana-de-açúcar - Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil*. São Paulo: Berlendis & Vertecchia, 2005.

Macedo, Isaias C, Joaquim E. A. Seabra, and João E. A. R. Silva. "Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The

2005/2006 averages and a prediction for 2020." *Biomass and Bioenergy*, 2008: 582-595.

Macedo, Isaías de Carvalho. "Greenhouse gas emissions and energy balances in bio-ethanol production and utilization in Brazil." *Biomass and Bioenergy*, 1998, 14 ed.: 77-81.

Macedo, Isaías de Carvalho. "The sugar cane agro-industry and its contribution to reducing CO₂ emissions in Brazil." *Biomass and Bioenergy*, 1992: 77-80.

Macedo, Isaías de Carvalho, Manoel Régis Lima Verde Leal, and João Eduardo Azevedo Ramos da Silva. *Balanço das emissões de gases do efeito estufa na produção e no uso do etanol no Brasil*. São Paulo: Governo do estado de São Paulo, 2004.

Manechini, C, A Ricci Jr, and J Donzelli. "Benefits and problems of trash left in the field." In *Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash*, by S Hassuani, R Leal and I Macedo. Piracicaba: PNUD/CTC, 2005.

MAPA. *Anuário Estatístico da Agroenergia 2010*. Brasília: MAPA, 2011.

—. "Relação das Unidades Produtoras Cadastradas no Departamento da Cana-de-açúcar e Agroenergia." MAPA. 01 de abril de 2010. www.agricultura.gov.br.

Ministério do Trabalho. *Ministério do Trabalho*. 22 de novembro de 2010. <http://portal.mte.gov.br/imprensa/trabalhadores-serao-capacitados-para-o-setor-sucroalcooleiro.htm> (acesso em 12 de outubro de 2011).

Mitchell, Donald. *Biofuels in Africa: opportunities, prospects, and challenges*. Washington, DC: The World Bank, 2011.

MME. "Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis." Brasília, setembro 2011.

—. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2019*. Brasília: MME/EPE, 2010.

Moreno, Luís Marcelo. *Transição da colheita da cana-de açúcar manual para a mecanizada no Estado de São Paulo: cenários e perspectivas*. Dissertação (Mestrado), São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011.

MSNBC. *MSNBC*. 16 de junho de 2011. http://www.msnbc.msn.com/id/43431407/ns/politics/t/billion-a-year-ethanol-subsidy-nearing-its-end/#.Tq__3jXlZxo (acesso em 01 de novembro de 2011).

- Müller, A, J Schmidhuber, J Hoogeveen, and P Steduto. "Some insights in the effect of growing bio-energy demand on global food security and natural resources." *International Conference: "Linkages between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries*. Hyderabad, 2007.
- Nassar, André M, Laura B Antoniazzi, Marcelo R Moreira, Luciane Chiodi, and Leila Harfuch. "An allocation methodology to assess GHG emissions associated with land use change." São Paulo, 2010.
- Naylor, Rosamond L., et al. "The ripple effect." *Environment*, 2007, 9 ed.: 30-43.
- Neves, Marcos Fava, and Marco Antonio Conejero. *Estratégias para a cana-de-açúcar no Brasil - Um negócio classe mundial*. São Paulo: Atlas, 2010.
- Neves, Marcos Fava, Vinícius Gustavo Trombin, e Matheus Alberto Consoli. *Mapeamento e Quantificação do Setor Sucroenergético em 2008*. Markestrat / Fundace, 2009b.
- Neves, Marcos Fava, Vinícius Gustavo Trombin, e Matheus Consoli. "PIB do setor sucroenergético, de US\$ 28 bi, é quase um Uruguai." In: *Etanol e Bioeletricidade A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética*, por UNICA. 2009a.
- Nogueira, Luiz Augusto Horta. *Bioenergias e Sustentabilidade: nexos e métodos*. São Paulo, 2005.
- Nogueira, Luiz Augusto Horta. *PERSPECTIVAS DE UN PROGRAMA DE BIOCOMBUSTÍVEIS EN AMÉRICA CENTRAL*. Cidade do México: CEPAL, 2004.
- Nolasco Jr., Jonas. *Eficiência de processo térmico para mostos a base de caldo de cana e melaço na produção de bioetanol*. Tese (Doutorado), Campinas: Unicamp, 2010.
- Nuffield Council on Bioethics. "New approaches to biofuels." Londres, 2011.
- OECD/FAO. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2009-2018*. Paris: OECD/FAO, 2009.
- OECD/IEA. *World Energy Outlook 2010*. Paris: International Energy Agency, 2010.
- Oliveira, Fabíola Cristina Ribeiro de. *Ocupação, emprego e remuneração na cana-de-açúcar e em outras atividades agropecuárias no Brasil, de 1992 a 2007*. Dissertação (Mestrado), Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.

Omann, Ines. "How can multi-criteria decision analysis contribute to environmental policy making ? A case study on macro-sustainability in Germany." *3rd Biennial Conference of the European Society for Ecological Economics*. Viena, 2000.

ORPLANA. "Perfil do Produtor." 2011. www.orplana.com.br/perfil (acesso em 15 de abril de 2011).

Paarlberg, Robert. *Food Politics: what everyone needs to know*. Oxford University Press, 2010.

Pacini, Henrique, and Lucas Assunção . "Sustainable biofuels in the EU: the costs of certification and impacts on new producers." *Biofuels*, 2011.

Pöttering, H.G. , e P Nečas. "Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho." *Jornal Oficial da União Europeia*. Estrasburgo, 23 de abril de 2009. L 140/16 - L 140/62.

Prasad, Gisela. *Bioenergy, rural development and poverty alleviation in Southern Africa*. Cape Town: Energy Research Centre University of Cape Town, 2010.

Rached, Alia Zahi. *Barreiras à Exportação do Etanol Brasileiro*. Dissertação (Mestrado), São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011, 112.

Ramos, P. "O futuro da ocupação na agroindústria canavieira do Brasil: uma discussão dos trabalhos disponíveis e um exercício de estimacão." *Informações Econômicas* 37, no. 11 (2009).

Ramos, Pedro. "O futuro da ocupação na agroindústria canavieira do Brasil: uma discussão dos trabalhos disponíveis e um exercício de estimacão." *Informações Econômicas*, novembro 2007: 69-75.

Reis, José Carlos Gomes, Valquíria da Silva, Ana Maria Pereira Amaral, and Ana Maria Montragio Pires de Camargo. "Evolução na eficiência produtiva da pecuária leiteira em pequenos e médios estabelecimentos paulistas." *Agricultura em São Paulo*, julho/dezembro 2006, 2 ed.: 85-96.

REN21 . *Renewables 2011 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat, 2011.

Republica de Mozambique. *Aprovada a Política e Estratégia de Biocombustíveis*. Maputo: Boletim da Republica, Publicacao Oficial de Mozambique 3. Suplemento, 21 May, 2009.

RFA. *World Fuel Ethanol Production*. 2011. <http://ethanolrfa.org/pages/World-Fuel-Ethanol-Production> (acesso em 15 de novembro de 2011).

Rodrigues, R R, and V L R Bononi. *Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2008.

Rossetto, Raffaella, Fábio Luis Ferreira Dias, André César Vitti, and Heitor Cantarella. "Manutenção da fertilidade e recuperação dos solos na cultura da cana-de-açúcar." In *As rotas para o etanol celulósico no Brasil*, by Luís Augusto Barbosa Cortez, 381-403. São Paulo: Blucher, 2010.

RSB. "Discussion Paper - Addressing Indirect Impacts in the RSB Standard." 2010.

RSB. "RSB Principles & Criteria for Sustainable Biofuel Production." 2010.

Seabra, Joaquim E.A., and Isaías C. Macedo. "Comparative analysis for power generation and ethanol production from sugarcane residual biomass in Brazil." *Energy Policy*, 2011: 421-428.

Searchinger, T, et al. "Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change." *Science*, 2008, 319 ed.: 1238–1240.

Secretaria Geral da Presidência da República. *Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-Açúcar*. 2011.
<http://www.secretariageral.gov.br/compromisso-da-cana> (acesso em 12 de outubro de 2011).

Silva, José Gomes da, Gil Eduardo Serra, José Roberto Moreira, José Carlos Gonçalves, e José Goldemberg. "Energy balance for ethyl alcohol production for crops." *Science*, 8 de setembro de 1978: 903-906.

SMA. *Etanol Verde*. 2011. <http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/resultadoSafras.php> (acesso em 2 de abril de 2011).

SMA. *Manual operativo do Projeto de Recuperação de Matas Ciliares*. São Paulo: SMA, 2007, 114.

—. *Protocolo Agroambiental - Diretivas*. 2008.
<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/diretivas.php#> (acesso em 12 de março de 2011).

- . *Zoneamento Agroambiental*. 2008.
<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/zoneamentoAgroambiental.php> (acesso em 12 de março de 2011).
- Smeets, Edward M. W., André P. C. Faaij, Iris M Lewandowski, and Win C Turkenburg. "A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050." *Progress in Energy and Combustion Science*, 2007: 56-106.
- Smeets, Edward, Martin Junginger, Andre Faaij, Arnaldo Walter, e Paulo Dolzan. "Sustainability of Brazilian bio-ethanol." 2006.
- Solano, Luis, and Laura Hurtado. *El mercado de los agrocombustibles: Destino de la producción de caña de azúcar y palma africana de Guatemala*. Guatemala: Actionaid, 2010.
- Souza, Sérgio Antônio Veronez de. "Vinhaça: o avanço das tecnologias de uso." In: *A energia da cana de açúcar. Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade*, por Isaias de Carvalho Macedo, 165-171. São Paulo: Berlendis, 2005.
- Souza, Sérgio Antônio Veroneze de. "Disponibilidade e uso de água no Brasil; irrigação." In: *A energia da cana-de-açúcar: 12 estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade*, por Isaias de Carvalho Macedo, 102-104. São Paulo: Berlendis Editores Ltda, 2005.
- Sparovek, Gerd, Alberto Barretto, Goran Berndes, Sergio Martins, and Rodrigo Maule . "Environmental, land-use and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996–2006." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, November 20, 2009, 3 ed.: 285-298.
- Torquato, Sérgio Alves, Thomaz Fronzaglia, and Renata Martins. "Condicionantes e impactos da colheita mecanizada em alguns estados produtores de cana-de-açúcar." *Economia política do desenvolvimento*, maio/agosto 2010: 123-146.
- UNCTAD. *Making Certification Work for Sustainable Development: the case of biofuels*. Geneva: United Nations, 2008.
- . *The emerging biofuels market: regulatory, trade and development implications*. Geneva: United Nations, 2006.

- UNICA . “Coragem para retomar o etanol.” *UNICA*. 20 de setembro de 2011.
<http://www.unica.com.br/opiniaio/show.asp?msgCode=%7B33C0B519-B5C6-49B8-AD92-080BDAAA2F19%7D> (acesso em 22 de setembro de 2011).
- UNICA. *Estatísticas*. 2009. www.unica.com.br.
- . “Expansão do setor sucroenergético tem que ser retomada, diz Jank.” *UNICA*. 04 de Abril de 2011. <http://www.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode=%7b30BE1145-1E50-47B1-8DF4-F5B571B069A5%7d> (acesso em 21 de Abril de 2011).
- . “Moagem de cana continua 10,18% inferior à safra passada na região Centro-Sul.” *UNICA*. 27 de setembro de 2011.
<http://www.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode=6FE2C54F-1FAE-44E8-BF6D-3BE249AB5BEE> (acesso em 29 de setembro de 2011).
- . “Programa de Qualificação de Trabalhadores da Cana-de-açúcar.”
<http://www.unica.com.br/Renovacao/default.asp>. 2010.
<http://www.unica.com.br/Renovacao/default.asp> (acesso em 12 de outubro de 2011).
- USDA. "Paraguay Biofuels Annual." Buenos Aires, 2009.
- Vidal, Maria de Fátima, José Ailton Nogueira dos Santos, and Marcos Antônio dos Santos. "Setor sucroalcooleiro no Nordeste brasileiro: estruturação da cadeia produtiva, produção e mercado." *XLIV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural – SOBER*. Fortaleza, 2006.
- Villegas, Jairo S., e Christian Campos. “Gasolina con alcohol seduce a choferes de Guanacaste.” *La Nación*. 21 de 04 de 2011. <http://www.nacion.com/2011-04-19/EIPais/Relacionados/EIPais2753442.aspx> (acesso em 25 de maio de 2011).
- Von Braun, J, and R.K. Pachauri. *The Promises and Challenges of Biofuels for the Poor in Developing Countries*. Washington, DC: IFPRI, 2006.
- Walter, Arnaldo. *Viabilidade e Perspectivas da Co-geração e Geração Termelétrica no Setor Sucroalcooleiro*. Tese (Doutorado), Campinas: UNICAMP, 1994.
- Walter, Arnaldo, et al. *A sustainability analysis of the Brazilian ethanol*. Campinas: UNICAMP, 2008.
- . "Sustainability assessment of bio-ethanol production in Brazil considering land use change, GHG emissions and socio-economic aspects." *Energy Policy*, 2011, 39 ed.: 5703–5716.

WORLDWATCH INSTITUTE. *State of the World 2006 – Special focus: China and India*. Washington, 2006.

Zhang, Zibin, Luanne Lohr, Cesar Escalante, e Michael Wetzstein. “Food versus fuel: What do prices tell us?” *Energy Policy*, 2010: 445-451.