ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE SOJA NO BRASIL

Marcelo Fernandes Pacheco Dias[1]
Silvio Santos Junior[2]
Nadir Paula de Rosa[3]
Érica Mendonça[4]
Tania Nunes da Silva[5]

RESUMO: As mudanças climáticas representam um desafio para a sustentabilidade global. Os gases de efeito estufa são apontados como os principais responsáveis por essas mudanças. A emissão do gás carbônico corresponde a 84% desses gases, provenientes das atividades humanas, sendo que 82% dele é resultante da queima de combustíveis fósseis. Neste contexto, é imperativa a busca de soluções energéticas mais sustentáveis e a produção de biodiesel torna-se uma alternativa. O presente artigo objetiva questionar a sustentabilidade do sistema de produção do biodiesel brasileiro a partir da soja. A pesquisa foi classificada como exploratória e os procedimentos metodológicos consistiram em identificar os resultados de pesquisas da cadeia e analisar os impactos sobre as dimensões ambientais, sociais e econômicas. Especificamente sobre o impacto social na disponibilidade de alimentos, analisou-se

[1] Doutorando em Agronegócios UFRGS/CEPAN/PPG Agronegócios.
[2] Doutorando em Agronegócios UFRGS/CEPAN/PPG Agronegócios.
[3] Mestre em Agronegócios UFRGS/CEPAN/PPG Agronegócios.
[4] Mestre em Agronegócios UFRGS/CEPAN/PPG Agronegócios.
[5] Profa. Dra. UFRGS/CEPAN/PPG Agronegócios

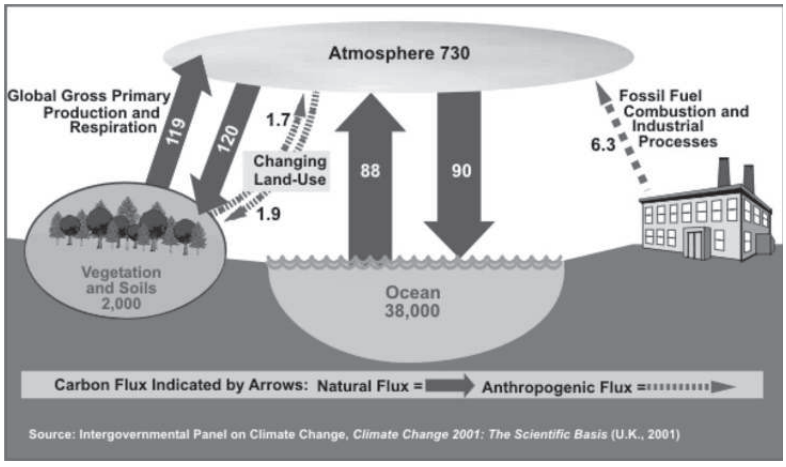
quantitativamente as projeções da demanda de biodiesel nacional, demanda de terras e áreas agrícolas disponíveis. Os resultados da pesquisa demonstraram que na dimensão ambiental, o sistema predominante no Brasil de plantio direto de soja contribui para o sequestro de carbono, melhoria das propriedades do solo e para a fixação biológica de nitrogênio. Entretanto, incrementa o uso de recursos naturais finitos, notadamente fósforo e potássio, reduz a biodiversidade e contamina o lençol freático. Ainda na dimensão ambiental, verificou-se que o uso de biodiesel contribui para menor emissão dos gases do efeito estufa e por consequência menor poluição das cidades. Na dimensão social constatou-se que há disponibilidade de terras para a demanda de biodiesel brasileira, sem afetar a segurança alimentar e sem a incorporação de novas áreas da floresta amazônica, e com excedentes para a exportação. Ainda sobre a dimensão social, dada as características do programa brasileiro de produção de biodiesel que exige a inclusão de pequenos produtores rurais, a produção de biodiesel contribui para a geração de emprego e renda no campo. Na dimensão econômica, os resultados indicam uma menor dependência de importação de petróleo, geração de subprodutos comercializáveis, otimização da capacidade ociosa das unidades esmagadoras de soja, além do que contribui para a entrada de recursos internacionais advindos da exportação. Dessa forma, conclui-se que esta alternativa energética contribui para a sustentabilidade, mesmo que não plenamente em todas as dimensões e por isso deve ser perseguida simultaneamente com a busca de aprimoramentos nos pontos de estrangulamentos identificados.

Palavras-chaves: Biocombustíveis; Sustentabilidade; Produção de alimentos; Segurança alimentar.

INTRODUÇÃO

Muitos compostos químicos são encontrados na atmosfera terrestre atuando como "gases de efeito estufa". Eles são importantes uma vez que impedem a reflexão total dos raios solares, aquecendo e dando condições de vida na terra. Alguns ocorrem naturalmente (como vapor de água, dióxido de carbono, metano, oxido nitroso), enquanto outros advém exclusivamente das atividades humanas. Entretanto, os níveis de alguns desses gases, principalmente o gás carbônico (CO_2), vem aumentos a uma taxa de 25% desde o processo de industrialização em larga escala, iniciado a mais de 150 anos atrás.

FIGURA 1 - CICLO GLOBAL DO CARBONO



As concentrações de CO_2 são naturalmente reguladas por numerosos processos conhecidos como "ciclo do carbono" (Figura 1). Entretanto, das 6,3 bilhões de toneladas lançadas à atmosfera anualmente devido às atividades humanas, estima-se que apenas

2,9 bilhões são reabsorvidos no ciclo do carbono, resultando num acúmulo adicional de 3,2 bilhões de toneladas por ano na atmosfera.

O resultado desse acúmulo é uma maior retenção dos raios solares infiltrados, causando a elevação da temperatura terrestre e as consequentes mudanças climáticas que se percebe na atualidade, de forma cada vez mais intensa.

Segundo o EIA (2007), o CO_2 corresponde a 84% dos gases de efeito estufa provenientes das atividades humanas, sendo que 82% dele é resultante da queima de combustíveis fósseis. Considerando que o aumento da população e o surgimento de novas tecnologias continuam demandando energia de forma incremental, é imperativo a busca de soluções energéticas alternativas, mais sustentáveis.

No Brasil, a produção de biodiesel objetiva ser sustentável. Para alcançar a sustentabilidade na produção de biodiesel, Andrade et al. (2007) destacam que a produção deverá considerar aspectos específicos importantes, como o acompanhamento de toda a cadeia de produção (cultivo, processamento, uso / conversão e destinação dos resíduos), os limites da capacidade de regeneração dos recursos naturais (solo, água, etc.), de tal modo que a proporção de energia utilizada não seja superior à capacidade de renovação, e que também evite ocasionar outros conflitos, como por exemplo, a produção de alimentos versus produção de energia.

Dentro desse contexto, este artigo discute se a produção de biodiesel no Brasil, a partir da cultura da soja, fomentará a sustentabilidade nos pilares sociais, ambientais e econômicas.

Além dessa introdução, o artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 é realizada uma breve revisão teórica, que objetiva subsidiar o entendimento sobre sustentabilidade e sobre o surgimento e produção do biodiesel no Brasil; na Seção 3 é apresentado o método utilizado; na Seção 4 são apresentados e discutidos os resultados encontrados; a Seção 5 analisou os fatores

nos três pilares da sustentabilidade; na Seção 6 são feitas as considerações finais; e por fim são apresentadas as referências consultadas.

1 REVISÃO TEÓRICA

Nessa seção apresenta-se uma breve revisão teórica sobre sustentabilidade e sobre o surgimento e produção de biodiesel no Brasil.

1.1 Sustentabilidade

Muitas estratégias têm sido propostas em busca do desenvolvimento sustentável. A grande maioria delas, segundo Graaf, Musters e Keurs (1996), apontam para um tipo de problema – prevenção da deterioração ambiental – ignorando a importância dos objetivos sociais e econômicos.

Perguntando "o que é sustentável?", Veiga (2005) mostra a resposta a esta indagação baseia-se em três atitudes básicas : os otimistas, os fatalistas (ou céticos) e o caminho do meio. A seguir, descrevem-se esses padrões.

1.1.1 Os Otimistas

Nesse extremo estão os economistas que "usam toda sua energia para continuar a crer naquilo que foram treinados a acreditar" (VEIGA, 2005). Estes dão preferência ao otimismo teórico de Robert Solow (1971), segundo o qual a natureza jamais se constituirá em um sério obstáculo a expansão.

> "Qualquer elemento da biosfera que se mostrar limitante ao processo produtivo, cedo ou tarde, acabará substituído, [....]. Isto porque o progresso científico e tecnológico sempre conseguirá introduzir as necessárias alterações que substituam a eventual escassez [...]. Em vez de restrições às possibilidades de expansão da economia, os recursos naturais podem no máximo criar obstáculos relativos e passageiros, já que serão indefinidamente superados por invenções" (SOLOW, 1971).

Assim este autor e seus seguidores, acreditam que as inovações tecnológicas acabarão por superar qualquer impasse que venha a colocar em xeque a continuidade do crescimento econômico.

Exemplificando, Grossman & Krueger (1995) examinaram a relação entre o comportamento da renda *per capta* e quatro indicadores ambientais: poluição atmosférica urbana, oxigenação de bacias hidrográficas e duas de suas contaminações (fecal e por metais pesados). Concluíram que as fases de desgraça e recuperação ambiental estariam separadas por um ponto de mutação que se situaria em torno de 8 mil dólares de renda *per capta*. Entretanto, Veiga (2005) chama aatenção para diversos bons indicadores que revelam tragédias ambientais de países ricos.

1.1.2 Os fatalistas

Noutro extremo, tomando como base o alerta de Georgescu-Roegen (1971), relativo ao "inexorável aumento da entropia", baseado na segunda lei da termodinâmica, segundo a qual "para poder manter seu próprio equilíbrio, a humanidade tira da natureza elementos de baixa entropia que permitem compensar a alta entropia que causam". Para este autor, "em algum momento do futuro, a humanidade deverá apoiar a continuidade de

desenvolvimento na retração, isto é com o decréscimo do produto". O oposto do sucedido nos últimos dez mil anos.

Para essa corrente cética, cujo principal expoente é Daly (2002), "só haverá alternativa à decadência ecológica na chamada 'condição estacionária' – que não corresponde, como muitos pensam, a crescimento zero". Exemplificando pedagogicamente seu raciocínio, este autor utiliza uma biblioteca repleta de livros: "a melhor solução é estabelecer o princípio de que um novo livro só poderá entrar no acervo quando outro for retirado, em uma troca que só se aceita se o novo livro fosse melhor que o substituído".

1.1.3 Caminho do meio

Seja qual for o futuro desta polêmica, está claro que a conciliação entre crescimento econômico e conservação da natureza não é algo que se possa resolver no curto prazo, e muito menos de forma isolada, em certas atividades ou lugares específicos.

O Relatório Brundtland (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987), caracterizou o desenvolvimento sustentável como um "processo político" e um "conceito amplo para o progresso econômico e social". A tentativa do mesmo era um intenso processo de legitimação e institucionalização normativa do conceito.

Para que se use o adjetivo sustentável, é fundamental que seus usuários rompam com a ingenuidade e se informem sobre as respostas disponíveis à pergunta "o que é sustentabilidade?".

Veiga (2005) mostra que ao mesmo tempo que nenhum dos dois extremos é possível, cada um deles merece uma reflexão. E o faz de uma maneira elegante. Ele mostra que o ultraotimismo que está na base do raciocínio de Solow (1971) e seus seguidores não decorre, necessariamente de um desprezo pelas gerações futuras. A capacidade produtiva se dará pela ilimitada substituição dos recursos não renováveis. Isto exigiria importantes mudanças

na maneira de medir o desempenho da economia. Os seguidores de Solow enxergam a sustentabilidade como "capital total constante", batizada de "sustentabilidade fraca". Nobre & Amazonas (2002) mostram que essa "é uma visão de desenvolvimento que acaba sendo absorvida e reduzida a crescimento econômico".

Os economistas neoclássicos que não concordam com Solow (menos otimista sobre as possibilidades de troca-troca) propõem a "sustentabilidade forte". Tendo David William Pearce como líder intelectual, entendem "que o critério de justiça intergerações não deve ser a manutenção do capital total, mas sim de sua parte não reprodutível, que chamam de 'capital natural'" (PEARCE, TURNER, 1990). E, por entender que grande parte desse "capital natural" é exaurível, propõem que os danos ambientais sejam de alguma forma compensáveis.

Numa ampla discussão, Veiga (2005) mostra os diversos mecanismos institucionais e de mercado que poderiam atender a essas compensações, mostrando que ao fim de muita discussão com ecologistas, concordou-se em que esses "direitos de poluir" são, afinal, menos traumáticos que se revelaram a principio, uma vez que a solução para o problema ambiental é global e perpassa localidades. Assim, aqueles que não conseguem deixar de poluir pagam o preço compensatório àqueles que o podem fazer. Estes últimos, por sua vez, são estimulados a continuar diminuindo sua poluição, uma vez que se creditam disto.

1.1.4 A guisa de finalização dos padrões

O destino da humanidade está virtualmente ligado a todos os aspectos do futuro do homem e, por isso mesmo, exige mais do que nunca de uma agenda de pesquisas científicas, que conclame a pensar sobre os cenários evolutivos e que conduzam da situação presente para um mundo quase sustentável no século

XXI (MURRAY GELL-MAN, 1996). Este autor mostra que o termo sustentabilidade, no seu sentido literal é inadequado, uma vez que a ausência completa de vida na Terra pode ser sustentada por milhões de anos, mas não é isso que se quer dizer. Ele quer mostrar que o conceito que se procura abarca "um tantinho de desejabilidade junto com a sustentabilidade". E surpreendentemente, diz ele, há certo consenso sobre o que seja desejável.

Para Gell-Mann (1996) o principal desafio da humanidade é realizar um conjunto de sete "transições interligadas para uma situação mais sustentável no século XXI", a saber:

I) Estabilizar a população, globalmente e na maioria das regiões;
II) práticas econômicas que encorajem a cobrança de custos reais, crescimento em qualidade em vez de quantidade, e a vida a partir dos dividendos da natureza e não do capital;
III) uso de tecnologia que tenha comparativamente um baixo impacto ambiental;
IV) riqueza equitativamente distribuída;
V) instituições globais e transnacionais mais fortes para lidar com os problemas globais urgentes;
VI) públicos mais bem informados sobre os desafios múltiplos e interligados do futuro;
VII) predomínio de atitudes que favoreçam a unidade na diversidade, isto é, cooperação e competição não violenta entre tradições culturais diferentes e Nações-Estados, assim como a coexistência com os organismos que compartilham a biosfera com os seres humanos.

Finalmente, Veiga (2005) cita Ignacy Sachs como o autor que melhor soube evitar simultaneamente o ambientalismo pueril, que pouco se preocupa com pobrezas e desigualdades, e o

desenvolvimento anacrônico, que pouco se preocupa com as gerações futuras. Sachs (2002) considera que a abordagem fundamentada na harmonização de objetivos sociais, ambientais e econômicos não se alterou substancialmente nos vinte anos que se seguiram as conferências de Estocolmo e do Rio. Acredita que permanece válida, na recomendação de objetivos específicos para oito de suas dimensões: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e política internacional.

No que se refere às dimensões ecológicas e ambientais, os objetivos de sustentabilidade formam um verdadeiro tripé:

I) preservação do potencial da natureza para a produção de recursos renováveis;
II) limitação do uso de recursos disponíveis;
III) respeito e realce para a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.

A sustentabilidade ambiental é baseada no duplo imperativo ético de solidariedade sincrônica com a geração atual e de solidariedade diacrônica com as gerações futuras. Ela compele a trabalhar com escalas múltiplas de tempo e espaço, o que desarruma a caixa de ferramentas do economista tradicional.

1.2 Desenvolvimento Rural Sustentável

A noção de desenvolvimento rural sustentável tem como premissas fundamentais o reconhecimento da insustentabilidade ou inadequação econômica, social e ambiental do padrão de desenvolvimento das sociedades contemporâneas (SCHMITT apud ALMEIDA, 1997). Esta noção nasce da finitude dos recursos naturais e das injustiças sociais provocadas pelo modelo de desenvolvimento vigente na maioria dos países.

No relatório Brundtland, também conhecido como "Nosso Futuro Comum", a ideia de desenvolvimento aparece como aquele capaz de garantir as necessidades das gerações futuras.

> O atendimento básico das necessidades básicas requer não só uma nova era de crescimento econômico para as nações cuja a maioria da população é pobre, como a garantia de que esses pobres receberão uma parcela justa dos recursos necessários para manter esse crescimento [...]. Para que haja um desenvolvimento global sustentável é necessário que os mais ricos adotem estilos de vida compatíveis com os recursos ecológicos do planeta, quanto ao consumo de energia, por exemplo [...]. O desenvolvimento sustentável não é um estado de harmonia, mas um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

Este conceito busca a integração sistêmica entre os diferentes níveis da vida social, ou seja, entre a exploração dos recursos naturais, o desenvolvimento tecnológico e a mudança social, e essas idéias influenciaram o conceito de agroecossistema sustentável. Os agroecossistemas se tornam insustentáveis quando, segundo Altieri (apud ALMEIDA, 1997), ocorre a redução: a) da capacidade homeostática, tanto nos mecanismos de controle de pragas como nos processos de reciclagem de nutrientes; b) da capacidade "evolutiva" do sistema, em função da erosão ou da homogeneização genética provocada pelas monoculturas; c) da disponibilidade e qualidade de recursos que atendam as

necessidades básicas (acesso à terra, água, etc.); e d) da capacidade de utilização adequada dos recursos disponíveis, principalmente devido ao emprego de tecnologias impróprias. Dessa forma, esse conceito incorpora as preocupações de integrar a produtividade dos sistemas agrícolas a aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Hoje, mesmo os organismos governamentais, como a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), reconhecem a agricultura sustentável e propõem algumas iniciativas. A agricultura sustentável exige o uso de tecnologias adequadas às condições do ambiente regional e local, e da previsão e prevenção dos impactos negativos, sejam eles sociais, econômicos e ambientais para que os agroecossistemas sejam produtivos e rentáveis ao longo do tempo.

1.3 Biodiesel no Brasil

No Brasil os estudos sobre essas novas alternativas de combustível tiveram inicio na década de 70, na Universidade Federal do Ceará (UFC), a qual desenvolveu as primeiras experiências. Porém, o projeto fracassou devido ao alto custo de produção do óleo vegetal. Nos anos 80 retomaram-se as pesquisas, e a UFC registrou a patente como a primeira no mundo. No entanto isso não foi o suficiente e mais uma vez o projeto fracassou, agora por falta de vontade política. No ano de 2002, o tema voltou a ser pauta da agenda do governo, quando então lançou o PNPUB. Com parcerias ministeriais e centros de pesquisa, vem, a cada dia, aperfeiçoando as tecnologias existentes e com excelentes resultados (PARENTE, 2003).

O biodiesel é um produto biodegradável e oriundo de fontes renováveis, e pode ser obtido através de diferentes processos,

entre eles: craqueamento (decomposição térmica sobre pressão), esterificação (produção de ésteres) e pela transesterificação (reação química de um óleo vegetal ou gordura animal com um álcool (etanol ou metanol). Também pode ser extraído de gorduras animais ou de óleos vegetais. Existem dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras.

De acordo com a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, publicada no Diário Oficial da União de 14 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução de biodiesel na matriz energética brasileira, em seu artigo 4º., inciso XXV, biodiesel é um "biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil" (BRASIL, 2005).

O biodiesel possui características que permitem substituir parcial ou totalmente óleo diesel e derivados do petróleo em motores ciclodiesel automotivos – de caminhões, tratores, camionetas, automóveis, entre outros – ou estacionários – geradores de eletricidade, calor, entre outros.

Ainda conforme prevê a mencionada Lei, ele pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções, ou seja, a mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2, sendo que sua comercialização foi opcional até 2007, e obrigatória a partir de 2008. Essa legislação gera uma demanda de mercado de 800 milhões de litros/ano possibilitando uma economia de até US$ 160 milhões/ ano com redução das importações de petróleo (REDE BAIANA DE BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007). O B5 passará a ser opcional até 2012 e obrigatório a partir de 2013. A utilização de B10, B20 ou mais, dependerão do funcionamento do mercado. Segundo a

indústria automobilística, o uso de B2 e B5 poderá ser feita sem necessidade de ajuste nos motores (PNPUB, 2007).

O Brasil possui uma das maiores áreas agricultável do mundo, com capacidade e disponibilidade de expandir fortemente o cultivo de grãos e oleaginosas, para que a oferta possa atender simultaneamente à crescente demanda nas áreas de alimentos e biocombustíveis.

> A grande representatividade e o potencial do agronegócio brasileiro, unindo-se à capacidade das instituições e à criatividade de seus pesquisadores, tem criado novas possibilidades de investimento em pesquisa e desenvolvimento, inclusive abrangendo empresas estrangeiras, atraídas pela posição estratégica que o país crescentemente vem ocupando a partir da valorização dos biocombustíveis (BELDA, SILVA, 2007).

2 METODOLOGIA

A pesquisa realizada é um estudo de natureza exploratória. Segundo Malhotra (2001) a pesquisa exploratória é "um tipo de pesquisa que tem como principal objetivo o fornecimento de critérios sobre a situação problema enfrentada pelo pesquisador e sua compreensão".

Ela pode ser usada quando o pesquisador deseja: formular um problema ou defini-lo com maior precisão, identificar cursos alternativos, desenvolver hipóteses, isolar variáveis e relações para exame posterior, obter critérios para desenvolver uma abordagem posterior e estabelecer prioridades (MALHOTRA, 2001).

A obtenção de dados, para confecção do presente trabalho, teve início em uma visita técnica realizada à empresa BSBIOS – Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S/A, localizada em Passo Fundo (RS), na qual foram colhidos, entre outros, dados técnicos e mercadológicos sobre a produção de biodiesel.

Na sequência, dados secundários foram obtidos a partir de levantamentos bibliográficos e portais da internet, nos quais se buscou informações a respeito da cadeia de produção da soja e/ou de biocombustíveis.

Os bancos de dados do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) serviram de base para a análise sobre disponibilidade de terras para sustentar a demanda de soja para a produção de biocombustível. Assim como, para inferir sobre o consumo estimado de combustível. Também foram utilizados para estimar a evolução da produtividade da cultura da soja. Os resultados são apresentados e discutem-se os achados encontrados.

3 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados e descritos os fatores encontrados na coleta de dados secundários, que impactam positiva e negativamente na sustentabilidade. Os tópicos encontrados foram classificados como impactos na sustentabilidade ambiental, social, econômica. Para subsidiar o estudo do impacto social na disponibilidade de alimentos, calcularam-se projeções sobre a demanda de biodiesel nacional, demanda de terras e esses resultados foram interpretados sobre a quantidade de terras agrícolas disponíveis.

3.1 Fatores que Impactam na Sustentabilidade Ambiental

Para a análise da sustentabilidade ambiental foram identificados os seguintes fatores: plantio direto da soja e alguns de seus benefícios como o seqüestro de carbono e a melhoria na qualidade física, química e biológica do solo; a redução da emissão de gases poluentes nos centros urbanos e gases causadores do efeito estufa; balanço energético positivo; redução da biodiversidade; contaminação do lençol freático pelo uso intensivo de herbicidas e fertilizantes; insustentabilidade no fornecimento de fertilizantes.

3.1.1Plantio direto da soja

Um dos fatores que contribuem para a sustentabilidade é a prática do plantio direto. O plantio direto é um sistema de manejo do solo que consiste na semeadura em solo não revolvido sendo que a palha e os restos vegetais são deixados na superfície do solo. Hoje esse sistema representa 80% da área cultivada no Brasil (SILVA, 2007). Foi identificado que o sistema de plantio direto pode contribuir para a sustentabilidade ambiental nos seguintes aspectos:

a) Sequestro de carbono: Milne et al. (2007) destacam que os solos podem armazenar duas vezes mais carbono que a atmosfera e três vezes mais que a vegetação terrestre. Eles evidenciam que o manejo apropriado do solo incrementa os níveis de carbono orgânico do solo, através de práticas como o plantio direto. Esta prática pode contribuir para estabilizar a concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera em um nível que limita os impactos sobre o clima da terra;

b) Melhora na qualidade física, química e biológica do solo: o plantio direto pode contribuir para a sustentabilidade ambiental

reduzindo a erosão, através da melhoria das condições físicas, de fertilidade, aumento o teor de matéria orgânica, nutrientes e água armazenada no solo (INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, 2007).

3.1.2. Emissão de Gases

Foram identificados dois fatores associados à emissão de gases.

a) Menor poluição nos centros urbanos: Wehrmann, Vianna, Duarte (2006) destacam que a utilização de óleo diesel pelo setor automotivo é responsável por 70% da emissão de poluentes nos centros urbanos, em média. Esses autores destacam também que além da emissão de gases, a combustão do diesel emite 40 espécies de particulados tóxicos que são absorvidos pelo sangue, com efeitos negativos sobre a saúde humana. Eles, também, enfatizam que para resolver problemas operacionais do motor a diesel é necessário um certo percentual de enxofre no combustível que é lançado na atmosfera na forma de SOx (óxidos de enxofre) que provoca fibrose pulmonar e chuva ácida, o que não acontece com o biodiesel;

b) Menor emissão de gases do efeito estufa: Hill et al. (2006) estudaram os custos energéticos, econômicos e ambientais do biodiesel. Uma de suas conclusões foi que o biodiesel emite 59% do equivalente dos gases do efeito estufa emitidos pelo diesel.

3.1.3 Balanço Energético Positivo

No mesmo estudo realizado para determinar custos energéticos, econômicos e ambientais do biodiesel, Hill et al. (2006) concluiram que o biodiesel rende 93% a mais de energia utilizável do que a energia necessária para sua produção.

3.1.4 Redução da biodiversidade

Wehrmann, Vianna, Duarte (2006) destacam que não se pode ignorar os impactos ambientais causados por uma monocultura como, por exemplo, a soja, independente do perfil social que esse cultivo apresente; Para eles a monocultura significa remoção de vegetação nativa em grandes áreas, com subsequente perda de biodiversidade.

3.1.5 Contaminação do lençol freático pelo uso intensivo de herbicidas e fertilizantes

Hill et al. (2006) verificaram que a produção de soja gera impactos ambientais negativos pela utilização de produtos químicos, especialmente o nitrogênio, fósforo e pesticidas, que são levados das fazendas para outros habitats e aqüíferos. O nitrogênio e o fósforo são transportados através da lixiviação e erosão (superficial e sub-superficial) para as partes aquáticas, causando eutrofização. Essa constatação é corroborada por Wehrmann , Vianna, Duarte (2006), os quais enfatizam que a monocultura, como por exemplo a soja, necessita de constantes aplicações de produtos químicos, que podem contaminar solo e água.

3.1.6 Insustentabilidade do fornecimento de fertilizantes

A produção nacional de matérias-primas e de produtos intermediários para fertilizantes é acentuadamente insuficiente para atender as necessidades do Brasil, que ocupa a 4ª posição no consumo mundial destes insumos, segundo Lapido-Loureiro & Nascimento (2003). Estes autores afirmam que o Brasil importa 86,5% de potássio e possui apenas uma mina de exploração em atividade, localizada em Taquari - Vassouras (SE). Há no país outros depósitos de potássio, mas, até o momento, faltam estudos

que apresentem a viabilidade técnico-econômica para exploração dessas minas.

Em relação aos fertilizantes fosfatados, no Brasil, estes podem ser obtidos de jazidas localizadas, principalmente em Patos de Minas (MG), onde se localizam as maiores reservas de fosfato do país. Esta jazida é considerada sub-aproveitada por falta de investimentos e tecnologias que facilitem a extração do fosfato. Outros depósitos são encontrados no país, porém, até o momento, não são viáveis de serem explorados (LAPIDO-LOUREIRO, NASCIMENTO, 2003).

O fósforo é um mineral finito e difícil substituição, "cujas reservas conhecidas e de exploração economicamente viável podem se esgotar em prazo de sessenta a cem anos, se for mantido o ritmo atual de crescimento do seu consumo mundial" (OSAVA, 2007). Este autor argumenta que outros minerais, como nitrogênio, potássio, cobalto, magnésio e molibdênio, também são indispensáveis, mas têm fontes menos limitadas e são de baixo consumo, exceto os dois primeiros.

3.2 Fatores que Impactam na Sustentabilidade Social

Dois fatores foram relacionados nesta seção: o *trade off* entre segurança alimentar e disponibilidade de terra, e geração de empregos.

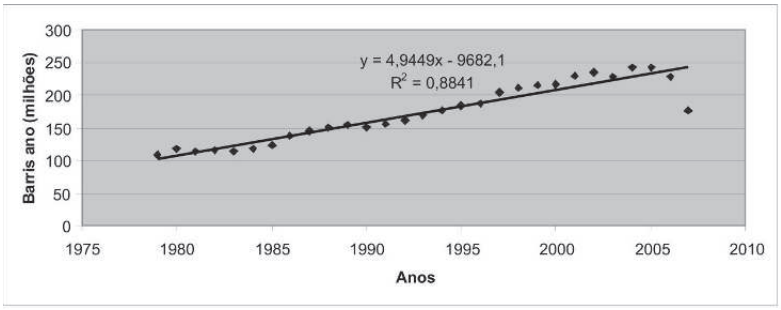
3.2.1 Segurança Alimentar e disponibilidade de terra

Hill et al. (2006) destacam que os biocombustíveis para se tornarem viáveis, devem fornecer benefícios ambientais, ser economicamente competitivos, ser produzidos em larga escala sem comprometer a produção de alimentos.

Nesse sentido, avalia-se a disponibilidade de terras para a produção de biodiesel no Brasil, considerando as tendências de produção de soja para alimentos. Para realizar as análises, neste estudo, utilizaram-se dados da base do IPEA (2007). Foram utilizadas as variáveis referentes ao consumo de diesel por ano e a produtividade de soja no Brasil. Buscou-se criar três cenários de análise para estimar o aumento do consumo de biodiesel, previsto na legislação (PNPUB), para os anos de 2008, 2013 e 2018.

Primeiramente foi realizada uma análise de regressão, do período de 1979 a 2007 (Gráfico 1), que permitiu estimar o consumo de diesel para os anos projetados.

GRÁFICO 1 – REGRESSÃO DO CONSUMO DE DIESEL EM FUNÇÃO DO TEMPO



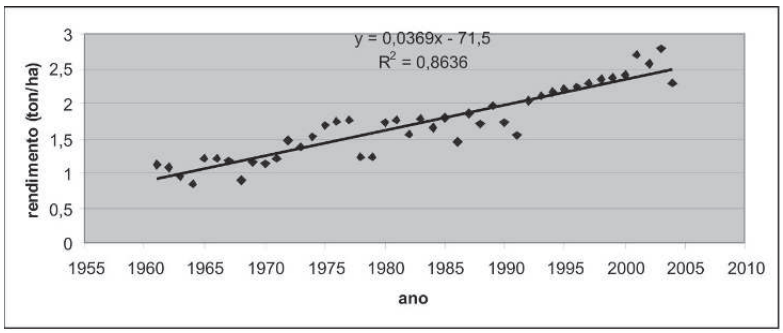
Fonte: Elaborado pelos autores a partir da base de dados da IPEA (2008)

A partir da equação de regressão, foram obtidas as quantidades de biodiesel que irão substituir percentuais do diesel nos anos estipulados pela legislação (ver Tabela 1).

Posteriormente, estimou-se a quantidade necessária de soja para a produção da quantidade estimada de combustível, a partir da relação na qual 18 kg de soja gera 1 litro de biodiesel (BSBIOS, 2007), e segundo as expectativas do PNPUB (2007).

Com dados do IPEA (2008), referentes ao período de 1961 a 2004, realizou-se uma análise de regressão que permitiu estimar a tendência da produtividade da soja.

GRÁFICO 2 – REGRESSÃO DA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM FUNÇÃO DO TEMPO



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da base de dados do IPEA (2007)

A partir destes dados, foi possível calcular a área necessária para atender esta exigência da legislação. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: ESTIMATIVAS PARA OS ANOS DE VIGÊNCIA DA LEGISLAÇÃO EM RELAÇÃO AO BIODIESEL

Ano	Diesel milhões barris (ano)	Biodiesel (%)	Biodiesel milhões barris (ano)	Biodiesel (milhões l/ano)	Necessidade de Soja (mil ton)	Produtividade ton/ha	Projeção de Área (mil ha)
2008	247,26	2%	4,95	786,2215	4.367,897	2,60	1.683,07
2013	271,98	5%	13,60	2162,098	12.011,65	2,78	4.321,21
2018	296,71	10%	29,67	4.717,284	26.207,13	2,96	8.841,22

Fonte: Cálculo dos autores, a partir de dados da IPEA.

Considerando que o Brasil dispõe de praticamente 90 milhões de hectares de terras férteis e disponíveis para ampliar sua área de produção de grãos (FAO, 2007) e comparando com as quantidades projetadas para atender esses cenários, pode-se concluir que em nenhum dos cenários de consumo biodiesel no mercado brasileiro, implicará na utilização total das terras disponíveis no Brasil. Isso demonstra a possibilidade de ampliação

da produção, sem afetar a produção de alimentos, além da possibilidade de produção de excedentes para exportação.

3.2.2 Geração de Empregos

Na visão do PNPUB (2007), a utilização do biodiesel gerar maiores impulsos na geração de empregos no campo e um crescimento da renda dos pequenos agricultores, reduzindo a exclusão social e evitando o êxodo rural.

Analisando a geração de empregos, Wehrmann, Vianna, Duarte (2006), compararam a opção da cultura da soja, com outras oleaginosas, para produção de biocombustíveis. Eles concluíram que a geração de empregos na opção por biodiesel de soja, pode ser menos apropriada, sobretudo quando comparada com a mamona. Segundo estes autores uma usina de beneficiamento de soja, com capacidade de esmagamento de 2,5 t/dia, que pode empregar 40 pessoas e considerando um acréscimo de 2.500.000 t/ano, geraria em torno de 11.000 empregos. Com a produção de biodiesel de mamona, que tem como meta prevista pelo Governo Federal para 2010, assentar 153 mil famílias, pode gerar 1.350.000 empregos em toda a cadeia produtiva do biodiesel.

Dessa forma estes autores, inferiram que o biodiesel de soja tem sustentabilidade estratégica duvidosa, visto que sua produção tende a ficar com grandes grupos econômicos internacionais.

De outro lado há que se considerar a legislação nacional, que obriga que 30% da soja, destinada à produção de biocombustível comercializável, provenha de pequenos agricultores rurais. Pondera-se, ainda, sobre as questões edafoclimáticas da região produtora, onde, em certos casos a produção de soja possa ser a alternativa mais interessante.

3.3 Fatores que Impactam a Sustentabilidade Econômica

Quatro fatores foram relacionados nesta seção: redução das importações de diesel de petróleo; utilização dos coprodutos; otimização da capacidade ociosa e; exportação.

3.3.1 Redução das importações de diesel de petróleo

A produção de biodiesel o Brasil pode diminuir as importações de petróleo e óleo diesel obtendo uma economia de divisas, e buscando uma vantagem estratégica ao reduzir a dependência das importações de petróleo, segundo o PNPUB (2007). Isso contribuirá positivamente na balança comercial brasileira.

3.3.2 Utilização dos coprodutos

No processo de produção do biodiesel, oriundo do óleo da soja, obtém-se subprodutos advindos da transesterificação. Este processo químico é a reação do óleo vegetal com um produto intermediário ativo, resultante da reação do álcool (metanol ou etanol) com uma base. A proporção destes componentes é de aproximadamente: 87% de óleo vegetal, 12% de álcool e 1% de uma base catalisadora. Os produtos resultantes são o biodiesel (86%), glicerina (9%) e uma mistura de álcool (5%) reprocessável.

A glicerina tem várias aplicações industriais, mas existe um equilíbrio entre sua produção clássica e a demanda. Não foram encontrados estudos que analisem o impacto de uma superprodução ou aplicação deste sub-produto.

3.3.3 Otimização da capacidade instalada das unidades de esmagamento atuais

Wehrmann, Vianna, Duarte (2006) mostraram que a produção de biodiesel a partir da soja pode ser uma estratégia de aproveitamento de parte da capacidade nominal de esmagamento instalada no país, a qual se encontra com mais de 40% de ociosidade. Isso sugere que seria interessante instalar as plantas de transesterificação junto às unidades de esmagamento. Segundo os autores, isto significaria que não haveria uma alteração na atual distribuição do controle desse segmento agroindustrial, no qual quatro grupos econômicos controlam 50% do mercado. Estes autores concluem que, no caso de produção do biodiesel, esta tendência deve permanecer, uma vez que é no segmento de produção de óleo que repousa as melhores oportunidades de melhoria futura da competitividade do complexo soja.

3.3.4 Exportação

A exportação pode ser uma oportunidade. Segundo o PNPUB (2007), este combustível atualmente é utilizado nos Estados Unidos e em países da União Européia. A Alemanha responde por mais da metade da produção europeia deste tipo de combustíveis e já possui, em seu território, inúmeros postos de combustíveis que vendem o biodiesel puro (B100), com aval dos fabricantes de veículos. O total produzido na Europa já ultrapassou a marca de 1 bilhão de litros por ano, o que indica um crescimento anual de 30%, entre 1998 e 2002. A União Européia definiu como meta que, até 2005, 2% dos combustíveis consumidos, nos países membros, deveriam ser renováveis e que, até 2010 (de acordo com a "diretiva 30" do Parlamento Europeu), este percentual deve ser de elevado para 5,75%. Porém, é importante salientar que esse continente tem restrições no que se refere a área de cultivo

disponível para oleaginosas e a capacidade industrial, o que abre importantes oportunidades ao Brasil para exportar seu combustível.

4 INTERPRETAÇÃO DOS FATORES QUE IMPACTAM NA SUSTENTABILIDADE

Nessa seção são analisados como impactam os fatores identificados na sustentabilidade.

4.1 Interpretação dos Fatores Ambientais

Considerando a orientação da produção de soja para atender a produção de biodiesel, e considerando que essa produção ocorra através do sistema de plantio direto, pode-se dizer que esses fatores contribuem para a sustentabilidade ambiental, incremento no sequestro de carbono, melhora da qualidade física, química e biológica do solo.

Independentemente do sistema de cultivo, o uso de biodiesel pode contribuir para diminuir poluição, principalmente nos centros urbanos, através da menor emissão de gases do efeito estufa. Contribui, pois, com fatores positivos para o balanço energético.

De outro lado, a cultura da soja, como toda monocultura, pode contribuir para a redução da biodiversidade, principalmente em áreas com vegetação nativa. A contaminação do lençol freático pelo uso de herbicidas e fertilizantes e a insustentabilidade no fornecimento de fertilizantes são fatores que contribuem negativamente.

Entretanto, esses últimos fatores devem ser ponderados comparativamente ao uso de combustível fóssil. A busca da sustentabilidade implica sempre em superar as práticas que prejudiquem o ambiente.

4.2 Interpretação dos Fatores Sociais

Considerando as projeções realizadas sobre a disponibilidade da terra, que previu o crescimento contínuo da área de soja através de dados históricos, mais o incremento da produção de soja para biodiesel, constatou-se que as metas projetadas para substituição do biodiesel em 10% do diesel para uso apenas no mercado brasileiro, significará a utilização de 3,70% das terras divulgadas como disponíveis. Esse percentual dá uma boa margem de segurança para garantir futuras ampliações da produção de alimentos e também do programa de biodiesel.

A geração de empregos pode ter maior ou menor impacto. A soja demanda um sistema altamente mecanizado, o que implica em menor utilização de mão-de-obra humana, comparativamente ao biodiesel produzido através de mamona. Considerando que o biodiesel necessitará de grandes volumes, a mecanização é um aspecto importante para viabilização dos custos de produção em grandes áreas. Dessa forma, viabilizar os custos e garantir empregos parecem dois atributos que deverão conviver conjuntamente nesse programa. Um não poderá excluir o outro.

4.3 interpretação dos fatores econômicos

A análise dos fatores econômicos mostra que a produção de biodiesel pode contribuir positivamente para a sustentabilidade econômica brasileira através da redução da dependência de diesel, utilização dos sub-produtos para incremento dos negócios, possibilidades de exportação, otimização da capacidade ociosa das empresas esmagadoras. Esta viabilidade está relacionada, além do preço do petróleo, à decisão política dos estados-nações de

utilizarem tecnolgias mais limpas. No longo prazo, considerando-se que os custos ambientais passarão a serem mensurados, a viabilidade econômica será inegável.

4.4 Interpretação da sustentabilidade global

A análise das três dimensões (econômica, social e ambiental), demonstra que há fatores que contribuem e fatores que não contribuem para a sustentabilidade. Isso demonstra que não há "sustentabilidade plena". Verifica-se que a produção de biodiesel se aproximará mais da sustentabilidade através do aprimoramento e balanceamento das ações em cada um dos estrangulamentos e em cada um das dimensões analisadas. Entretanto, conseguindo a harmonização dos objetivos sociais, econômicos e ambientais pode-se concluir pela "sustentabilidade", ainda que melhorias sejam necessárias ao processo.

CONSIDERAÇOES FINAIS

Este artigo buscou identificar e interpretar os fatores que impactam na sustentabilidade da produção de biodiesel, a partir da matéria-prima soja, através de um estudo exploratório subsidiado na revisão bibliográfica e uma projeção quantitativa de cenários sobre a necessidade e disponibilidade de terras para a produção desse combustível no Brasil.

Como resultado do estudo constata-se que há fatores que impactam em cada um dos pilares da sustentabilidade, tanto positivamente quanto negativamente. Entretanto, a interpretação final é de que o biocombustível de soja é uma alternativa energética

que avança na sustentabilidade e que deve ser perseguida simultaneamente com a busca de aprimoramentos nos pontos de estrangulamentos identificados.

ABSTRACT: Climatic changes represent a challenge for global sustainability. Gases of greenhouse effect are pointed as the main responsible for these changes. Carbon dioxide originating from human activities is equivalent to 84% of these emissions, and 82% result from fossil fuel burning. In this context, the search for more sustainable energetic solutions is imperative and production of biofuel becomes an alternative. The current article aims to debate the sustainability of the soya Brazilian biofuel production system. The research was ranked as exploratory and the methodological proceedings consisted in identifying the results of researches on the chain and analyzing its environmental, social and economical impact. Specifically about the social impact on food availability, the projections of domestic biofuel demand, land demand and agricultural areas available were quantitatively analyzed. The results of the research on the environmental dimension proved that the prevailing system for growing soya in Brazil has directly contributed to carbon burning, improvement of the soil quality properties and nitrogen biological fixation. However, it increases the use of limited natural resources, especially phosphorus and potassium, decreases biodiversity and contaminates the groundwater. Besides, the use of biofuel contributes for lower gas emission of greenhouse effect and, as a consequence, lower pollution in cities. In the social dimension, the research showed that there is availability of lands for the Brazilian biofuel demand, without affecting alimentary safety and without the incorporation of new areas of the Amazon rainforest; three is surplus for exportation. Given the features of the Brazilian program for biofuel production, that requires the inclusion of family farmers, biofuel production contributes for job

generation and income in the countryside. In the economical dimension, the results show a lower petroleum dependence on importation, generation of negotiable sub-products, optimization of the idle capacity of crushing soya units, apart from contributing for the input of international resources from exportations. Therefore, one concludes that this energetic alternative contributes for sustainability, even if with some drawbacks, and so it that must be stimulated along with the search for improvement in the points of suffocation identified.

Keywords: Biofuel. Sustainability. Food production. Alimentary safety.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. Da ideologia do progresso à ideia de desenvolvimento (rural) sustentável. In: ALMEIDA, Jalcione; NAVARRO, Zander (Orgs.). **Reconstruindo a agricultura:** ideias e ideais na perspectiva do desenvolvimento sustentável. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1997, p. 33-55.

ANDRADE, T.C. et al. Produção de biodiesel e produção de alimentos na agricultura familiar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4, 2007, Varginha –MG. **Anais...** Varginia: UFLA, 2007, p.1070-1081.

BELDA, Francisco Rolfsen ; SILVA, Roberta Salgado. **Biocombustível e Inteligência para o Agronegócio.** Disponível em: < http://www.ripa.com.br/index.php?id=1653. Acesso em: 10 de novembro de 2007.

BRASIL. Lei Federal nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm> Acesso em: 12 de novembro de 2007.

BSBIOS. Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S/A. Visita técnica realizada em setembro de 2007.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA)**.** Official Energy Statistics fron the U.S. government. **Greenhouse Gases, Climate Change, and Energy**: What Are Greenhouse Gases?. National Energy Information Center (NEIC)**:** Washington. DC. Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/ggccebro/chapter1.html>. Acesso em 27 de novembro de 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO Statistic**. Disponível em: < http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp > Acesso em outubro de 2007

GRAAF H. J. de, MUSTERS C. J. M., KEURS W. J. ter. Sustainable development: looking for new strategies. **Ecological Economics,** n. 16, p. 205-216, 1996.

DALY, H. E. **Sustainable Development:** Definitions, Principles, Policies. Washington, DC.: World Bank, 2002. Disponível em: < http://www.puaf.umd.edu/facstaff/faculty.html> Acesso em 18 de dezembro de 2007.

GELL-MAN, M. **What is Complexity?**, V. 1, n. 1, 1996. Disponível em: <http://www.santafe.edu/sfi/People/mgm/complexity.doc >. Acesso em 18 de novembro de 2007.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The Entropy Law and the Economic Process**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1971.

GROSSMAN, G.M.; KRUEGER, A.B., , Economic growth and the environment. **Quarterly Journal of Economics**, n. 110, 1995, p. 353-377.

HILL, J.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; TIFFANY, D. **Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and etanol biofuels.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 103, n. 30, jul. 25, 2006, p. 11206-11210.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Plantio direto caminho para a agricultura sustentáve**l. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/PlantioDireto/PlantioDireto.htm. Acesso em: 10 de novembro de 2007.

IPCC. Intergovernnemental Panel on Climate Change, 2001. The Scientific Basis (U.K., 2001) Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/environment.html>. Acesso em outubro de 2007.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasil **Ipeadata**. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?65370046>. Acesso em outubro de 2007.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; NASCIMENTO, M. **Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável**. Rio de Janeiro: CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, 2003.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing:** uma orientação aplicada. Porto Alegre: Bookman, 2001. 719 p.

MILNE. E. et al. National and sub-national assessments of soil organic carbon stocks and changes: The GEFSOC modelling system. **Agriculture, Ecosystems and Environment,** v. 122, p. 3-12, 2007.

NOBRE, M.; AMAZONAS, M. **Desenvolvimento sustentável**: a institucionalização de um conceito. Brasília: Edições IBAMA, 2002.

OSAVA, Mario. **Agricultura diante da grave escassez de fosfato**. Agrisoft Brasil. Disponível em < www.agrosoft.org.br>. Acesso em 28 outubro, 2007.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel:** uma aventura tecnológica num país engraçado. Ceará: Fortaleza, 2003.

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. **Economics of Natural Resources and the Environment**. Herts, UK.: Harvester Wheatsheaf, 1990.

PNPUB- Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. **O Programa.** Disponível em: < http://www.biodiesel.gov.br/. Acesso em: 10 de novembro de 2007.

REDE baiana de biocombustíveis. **O Biodiesel.** Disponível em: <http://www.rbb.ba.gov.br./. Acesso em: 10 de novembro de 2007.

SILVA, Gislene. Plantio Direto Geração do futuro. **Revista Globo Rural.** Disponível em: < http://globorural.globo.com/barra.asp?d=/edic/183/rep_plantiodireto.htm >. Acesso em: 10 de novembro de 2007.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável.** 4. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SOLOW, R. M. **Growth theory :** an exposition. New York : Oxford University Press, 1971. 109 p.

WEHRMANN, M. E. S. F.; VIANNA, J. N. S.; DUARTE, L. M. G. Biodiesel de soja: política energética, contribuição das oleaginosas e sustentabilidade. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE. 3., 2006, Brasília. **Anais...** Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/GT4.html>. Acesso em 10 de novembro de 2007.

WORLD COMMISSION on Environment and Development. **Our common future**. Oxford:Oxford University Press, 1987.

VEIGA, E. **Desenvolvimento Sustentável:** o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond: 2005. Cap. 3, p. 109-172.