

# INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS ASSOCIADOS À EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS: UMA ANÁLISE BASEADA NOS INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA UNIÃO EUROPÉIA

Joyce Maria Monteiro<sup>1</sup>, Lilian Bechara Elabras Veiga<sup>2</sup>, Heitor L. C. Coutinho<sup>3</sup>

## RESUMO

A implementação de políticas públicas que promovam a mudança de uso do solo demanda o desenvolvimento de ferramentas que avaliem os possíveis impactos futuros destas políticas, visando promover a sua sustentabilidade. Para medir os impactos resultantes da implementação destas políticas, um grupo de indicadores foi selecionado pelo projeto SENSOR – União Européia ([www.sensor-ip.org](http://www.sensor-ip.org), EU FP-6 ), a partir dos indicadores desenvolvidos pelo Eurostat (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>). Este trabalho apresenta esses indicadores e analisa sua aplicabilidade para descrever os principais impactos do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil. A região centro-sul é a maior produtora de cana-de-açúcar em todo o país, sendo esta uma cultura que vem apresentando grande crescimento nesta região. Parte dos indicadores selecionados pela EU não são totalmente suficientes para descrever o impacto da Mudança do Uso do Solo no Brasil, tanto devido à sua inadequação quanto pela indisponibilidade de dados para calculá-los. Alternativamente, outros indicadores devem ser selecionados visando uma avaliação ex-ante dos impactos das políticas públicas para a expansão da cana-de-açúcar para a produção de biocombustíveis.

## ABSTRACT

The implementation of policies designed to promote multifunctional land use requires the development of robust tools to the assessment of different future scenarios' impacts on land use sustainability. In order to measure this, a set of indicators was selected, as part of the SENSOR project ([www.sensor-ip.org](http://www.sensor-ip.org), EU FP-6 ), from those developed by Eurostat (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>). This paper presents these indicators and analyses the possibility of applying them in order to measure the major impacts of sugar cane crops in Brazil. The Brazilian Midsouth region is a major producer of sugar cane, an agricultural commodity in expansion in the country. Part of the EU selected indicators are not fully able to describe the impacts of land use change in Brazil, either due to their inadequacy or to unavailability of data. Alternative indicators should be selected in order to perform *ex-ante* assessments of sugar cane expansion policies for bio-fuel production.

Palavras Chave: Indicadores de impactos, mudança de uso do solo, expansão da cana de açúcar.

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, DSc. Planejamento Ambiental, Embrapa Solos, [joycemonteiro@cnps.embrapa.br](mailto:joycemonteiro@cnps.embrapa.br)

<sup>2</sup> Arquiteta, D.Sc.Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, [lveiga@ppe.ufrj.br](mailto:lveiga@ppe.ufrj.br)

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Ph.D. Ciências Biológicas, Embrapa Solos, [heitor@cnps.embrapa.br](mailto:heitor@cnps.embrapa.br)

## 1. Introdução

Este trabalho apresenta um conjunto de indicadores e analisa sua aplicabilidade para prognosticar os principais impactos da expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, como resultado da implementação de políticas públicas. Para tanto, um conjunto de indicadores foi selecionado pelo projeto SENSOR – União Européia ([www.sensor-ip.org](http://www.sensor-ip.org), EU FP-6), a partir dos desenvolvidos pelo Eurostat (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>). Este trabalho apresenta esses indicadores e analisa sua aplicabilidade utilizando como estudo de caso a expansão da cultura da cana-de-açúcar na região Centro-Sul brasileira.

O projeto SENSOR-EU, iniciado em 2004, reúne um consórcio de 38 instituições de pesquisa de 15 países para “desenvolver uma ferramenta para a avaliação dos impactos econômicos sociais e ambientais futuros (*Sustainability Impact Assessment Tools, SIAT*) em diferentes cenários resultantes da implementação de políticas públicas de mudança de uso do solo, de forma a garantir a sustentabilidade” (SENSOR 2004). Em 2006, o projeto SENSOR-EU foi expandido para quatro países fora da União Européia dentre os quais o Brasil (os outros são Argentina, China e Uruguai).

A expansão do cultivo da cana de açúcar no Brasil para a produção de biocombustíveis teve início com o lançamento do Programa Nacional de Álcool (PROÁLCOOL) e nos dias atuais o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com previsão de colheita de 473 milhões de toneladas de cana para o ano-safra em curso (2007/2008), que serão destinadas à produção de aproximadamente 30 milhões de toneladas de açúcar e 21 bilhões de litros de álcool. As projeções indicam que a produção do etanol brasileiro tem grande potencial para expansão em função da crescente demanda do mercado nacional e internacional. A região centro-sul do país concentra 86% do cultivo brasileiro de cana-de-açúcar. Entre 2005/2006 e 2006/2007 houve um aumento de cerca de 12% da área cultivada de cana nesta região.

Com isso, surge um novo desafio para o setor sucroalcooleiro, acompanhado de novos problemas que precisam ser evitados. Uma das maiores preocupações está justamente em se estabelecer indicadores para mensurar os impactos ambientais, sociais e econômicos, de maneira integrada, da expansão da agricultura canavieira no país. No momento, a única interferência direta do governo é no processo de autorização de novas usinas e se dá pelo cumprimento da legislação ambiental brasileira, que não tem se mostrado suficiente para garantir uma expansão harmônica deste setor no território nacional.

No contexto de crescente preocupação com os impactos ambientais em um mercado globalizado e exigente, a adequação de indicadores já aceitos na EU à realidade brasileira, ou seja, passíveis de serem usados na avaliação da sustentabilidade da expansão do cultivo da cana para a produção de biocombustíveis brasileira, poderá contribuir nos processos de certificação de produtos. Outra possível consequência benéfica seria prevenir contra barreiras não-tarifárias, como as de cunho trabalhista e ambiental, particularmente visadas em países em desenvolvimento.

Este artigo apresenta uma primeira análise da transferabilidade dos indicadores selecionados pelo projeto SENSOR-EU à realidade brasileira. A identificação e seleção de indicadores poderá contribuir para uma avaliação ex-ante dos impactos da expansão do cultivo da cana-de-açúcar em diferentes cenários resultantes da implementação de políticas públicas de mudança de uso do solo no Brasil. Como primeiro passo propõe-se verificar se os indicadores selecionados pelo projeto SENSOR-EU são suficientes para medir os principais impactos do

cultivo da cana-de-açúcar, ou se outros indicadores devem ser selecionados, como os indicadores de sustentabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004), e ainda outros a serem desenvolvidos.

## **2. Projeto SENSOR**

O projeto SENSOR ([www.sensor-ip.org](http://www.sensor-ip.org)), iniciado em 2004, reúne 38 instituições de pesquisa de 15 países, para “desenvolver uma ferramenta para a avaliação dos impactos econômicos sociais e ambientais futuros (*Sustainability Impact Assessment Tools, SIAT*) em diferentes cenários resultantes da implementação de políticas públicas de mudança de uso do solo, de forma a garantir a sustentabilidade” (SENSOR, 2004). Para atingir este objetivo, o SENSOR identifica indicadores econômicos, ambientais e sociais, que vão ser utilizados para medir os impactos resultantes de políticas públicas de mudanças de uso do solo. A estratégia metodológica envolve a definição de critérios e limiares para a sustentabilidade aceitáveis para a sociedade, o desenvolvimento de uma base de dados geo-referenciada, e a definição de relações entre os diversos impactos ambientais e socioeconômicos medidos através de indicadores.

O projeto SENSOR foi desenvolvido com base no documento intitulado: “Diretrizes para Avaliação de Impactos na União Européia” (*EU Impact Assessment Guidelines - EU-IA*) (EU, 2005). Estas diretrizes promovem o uso de indicadores para avaliar os impactos de políticas ou intervenções públicas e monitorar os resultados da implantação destas, considerando os aspectos ambiental, econômico e social da sustentabilidade. Estas diretrizes apresentam uma listagem de impactos que devem ser utilizados como referência. Estes são medidos através de indicadores. A Comissão da União Européia (*Commission the European Community - CEC*) desenvolveu, com base no documento “Diretrizes para Avaliação de Impactos na União Européia”, uma lista de indicadores de impactos ambientais, econômicos e sociais para monitorar a mudança de uso do solo na União Européia (CEC, 2005). Os indicadores do projeto SENSOR-EU foram selecionados a partir desta lista.

Em 2006, o projeto SENSOR foi estendido para quatro países fora da União Européia: Mercosul (Brasil, Argentina e Uruguai) e China. A extensão do projeto Sensor tem por objetivo avaliar a transferabilidade dos conceitos e abordagem metodológica da versão européia para outras realidades e configurações institucionais, políticas e culturais. A equipe do projeto Sensor no Mercosul (Argentina, Brasil e Uruguai) decidiu utilizar a expansão da cultura da cana-de-açúcar para a produção de etanol, na Bacia do rio da Prata, que contém a região Centro-Sul brasileira, como um dos estudos de caso do projeto

## **3. Breve histórico da produção e uso do etanol no Brasil**

O lançamento do Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL, em 1975, (Decreto 75.593/75) incentivou a produção do álcool combustível automotivo para mistura de até 20% à gasolina pura em todo território nacional. Na época o preço do barril do Petróleo havia atingido valores recordes (crise do Petróleo de 1973) e o preço do açúcar no mercado internacional apresentava-se em franca queda. Dessa forma, parecia estratégica a mudança de produção de açúcar para álcool derivado da cana-de-açúcar.

No entanto, uma crise de abastecimento de álcool no fim dos anos 1980 afetou a credibilidade do Proálcool, que aliado à redução de estímulos à sua produção (corte de subsídios) e à queda do preço do petróleo, provocou um significativo decréscimo da competitividade do álcool em relação à gasolina. Somente a partir de 1990, com o início da desregulamentação do setor sucroalcooleiro, o setor começou a se organizar a fim de operar de forma mais eficiente, reduzindo seus custos e aumentando a produtividade. Os preços da cana-de-açúcar, açúcar, e álcool passaram a ser regidos pelo mercado da livre concorrência, e os produtores do setor buscaram melhorias contínuas no processo de produção, a fim de se tornarem mais competitivos (Moraes, 1999).

Atualmente, o Brasil produz cerca de um terço do etanol mundial, com o menor custo de produção e elevado potencial para expansão da produção, tendo produzido cerca de 18 bilhões de litros de álcool na safra de 2006/7 e previsão de 21 bilhões de litros na safra 2007/08 (UNICA, 2008). Dentre todas as matérias-primas utilizadas para a produção do álcool, a cana é a que possui o maior rendimento e o menor custo, conferindo o menor custo de produção ao país (Tabela 1).

**Tabela 1 – Custo de Produção etanol (US\$/barril)**

País	Matéria prima	Custo de Produção (US\$/barril)
Brasil	Cana-de-açúcar	32
Tailândia	Cana-de-açúcar	46
Austrália	Cana-de-açúcar	51
EUA	Milho	75
União Européia	Cereal	154

DATAGRO, 2007

O mercado nacional de álcool automotivo é composto pela venda de álcool anidro e hidratado. O consumo de álcool anidro está relacionado ao consumo da gasolina, visto que é misturado na proporção de até 26% neste combustível, já o álcool hidratado é consumido pelos carros puramente movidos a álcool ou pelos carros flex-fuel (bi-combustíveis) que rodam com álcool e/ou gasolina em qualquer proporção. O aumento da frota de veículos flex fuel, que atualmente já corresponde a mais de 90% da venda de veículos novos no Brasil, tem impulsionado fortemente o consumo interno.

No mercado internacional, as exportações brasileiras de etanol têm grande importância. O país apresenta décadas de experiência na produção e utilização do álcool combustível e gera excedentes que podem ser exportados. As exportações brasileiras apresentaram um crescimento de 259% de 2003 a 2004, quando cerca de 2,1 bilhões de litros foram exportados, sendo que, em 2005, as exportações alcançaram 2,5 bilhões de litros (SECEX, 2006). As exportações de álcool cresceram substancialmente nos últimos anos, com perspectivas ainda mais animadoras para as próximas safras, sobretudo devido ao alto preço do barril de petróleo no mercado internacional e ao problema ambiental das mudanças climáticas. De acordo com a mesma fonte, os maiores importadores do álcool brasileiro são os Estados Unidos, Índia e Japão.

#### **4. Expansão das Áreas de Cultivo de Cana-de-açúcar**

O Brasil tem um grande potencial para a expansão da produção do etanol a partir do cultivo da cana -de- açúcar. No país, as áreas de cultivo agrícola totalizam cerca de 60 Mha, sendo

cerca de 22 Mha ocupados pela soja, 12 Mha pelo milho e quase 7 Mha ocupados pela cana-de-açúcar, enquanto que as áreas de pastagens somam cerca de 200 Mha (IBGE/ CENSO AGROPECUÁRIO, 2006). As projeções realizadas pelo MAPA (2008) indicam que o país será, em pouco tempo, o principal pólo mundial de produção de bioenergéticos, feitos a partir de cana-de-açúcar.

O cultivo de cana-de-açúcar é adequado para zonas com temperaturas entre 20 e 24 graus onde não ocorrem geadas e com volume pluviométrico anual em torno de 1.200 mm, mas com estiagem na época da colheita. Os solos apropriados são aqueles de fertilidade média a alta, acidez moderada e boa drenagem. Os terrenos devem ser planos para permitir a mecanização.

No Brasil, a produção de cana-de-açúcar ocorre primordialmente nas regiões centro-sul e Nordeste, sendo muito concentrada na região Centro-sul (86% em 2006), enquanto que a região Nordeste respondeu com aproximadamente 14% do total produzido em 2006 (IBGE/PAM, 2008). Entre as safras 2005/2006 e 2006/2007 houve um aumento de cerca de 12% na área cultivada com cana-de-açúcar na região centro-sul, somente o estado de São Paulo foi responsável por 68% da cana cultivada, cultivando cerca de 3,5 milhões de hectares (CONAB, 2007). Na safra 06/07 a produção total brasileira foi de 393 milhões de toneladas de cana, com rendimento médio de 74t/ha (IBGE/ PAM, 2008). O rendimento médio da cultura da cana no Brasil aumentou em 11% de 2000 a 2006. Há previsão de colheita de 473 milhões de toneladas de cana para o ano-safra 2007/2008, que serão destinadas à produção de aproximadamente 30 milhões de toneladas de açúcar e 21 bilhões de litros de álcool (CONAB, 2007).

No centro sul, muitos estados vêm expandindo as áreas de produção de cana. Mato Grosso do Sul tem atraído empresários do setor, principalmente do Nordeste, pelo fato de possuir terras relativamente baratas (IBGE, 2003). No estado de São Paulo, principal produtor nacional, a incorporação de novas áreas no oeste paulista é uma realidade, principalmente devido à disponibilidade de terras férteis, topografia adequada e logística para escoamento da produção. Nota-se uma tendência da expansão da produção de cana em áreas antes ocupadas com a pecuária, atividade relativamente menos rentável frente ao valor da terra (Anselmi, 2005). Dados do censo agropecuário de 1996 e 2006 (IBGE, 2008) apontam uma clara tendência de ocupação por lavouras canavieiras de áreas anteriormente ocupadas por pastagens na região Centro-Sul enquanto que, a região Norte apresenta significativo aumento das áreas destinadas às pastagens, assim como aumento do efetivo bovino, caracterizando uma migração da atividade pecuária do Sul para o Norte do País.

Stupiello (2005) comenta que a expansão da área de plantio da cana vem ocorrendo devido ao aumento da capacidade das unidades produtivas e à instalação de novas usinas. De acordo com dados da UNICA (2006) no centro sul existem 228 usinas, das quais 56 produzem apenas álcool e 166 produzem álcool e açúcar. Está em fase de planejamento a construção de 50 novas usinas, todas elas concentradas no eixo Sudeste-Centro e Sudeste-Centro-Oeste-Sul (JBIC, 2006). É importante ressaltar que para se evitar perdas econômicas com o cultivo da cana-de-açúcar é necessário que as zonas de produção se encontrem perto das usinas. As perdas de sacarose, após o a colheita exige o processamento mais rápido possível da cana-de-açúcar. Adicionalmente, as usinas necessitam obter cana suficiente para sua capacidade de processamento, assim a maioria das usinas produz por conta própria, para não depender totalmente de matéria prima externa e diminuir os riscos, com isso ocorre também uma economia nos custos da matéria prima e há a possibilidade de utilização do uso de vinhoto

(resíduo que resulta da fermentação do etanol, na proporção de 12 litros para cada litro de álcool ) para irrigação adubada.

## **5. Potenciais Impactos da Produção de Cana de Açúcar**

Neste artigo serão mencionados os impactos sócio-ambientais mais relevantes do cultivo da cana-de-açúcar, fase agrícola da produção do etanol. O impacto sócio-ambiental pode ser entendido pela soma dos impactos ecológicos e dos impactos sócio-econômicos do cultivo da cana-de-açúcar. Os impactos do cultivo da cana ocorrem nos meios biótico, físico e antrópico.

Entre os principais impactos causados pela produção de cana ao meio biótico destacam-se a alteração da cobertura vegetal, a alteração da dinâmica da fauna e a perda de diversidade biológica pela implantação de monocultura de forma concentrada. Cabe salientar que as zonas de cultivo de cana-de-açúcar são geralmente concentradas em uma determinada área e, em alguns casos, ocupam 90% da área total de um município, em propriedades de no mínimo 500 ha (JBIC, 2006).

Quanto ao meio físico, destacam-se o desencadeamento ou agravamento de processos erosivos e a conseqüente perda de solo e água (redução da qualidade e quantidade da água, assoreamento dos corpos d'água superficiais, riscos de contaminação pelo uso de fertilizantes e defensivos agrícolas) e, ainda, a poluição atmosférica, causada pela queima da cana para a colheita e pelo aumento de circulação de veículos automotores.

A cana-de-açúcar necessita de grande volume de água, portanto, para cultivá-la em zonas com pouca chuva, é preciso utilizar instalações de irrigação. Porém, mesmo em zonas com chuvas abundantes, a maioria das fazendas das usinas possui instalações de irrigação, para aproveitar o vinhoto (resíduo que resulta da fermentação do etanol) aumentando a produtividade e reduzindo custos com a fertilização. Em geral, a quantidade de vinhaça necessária para a fertiirrigação da cana é inferior à quantidade despejada, o que pode provocar comprometimento dos lençóis freáticos e no limite dos aquíferos, o que pode ser ainda agravado pela falta de capacidade logística de distribuição do vinhoto sobre toda a área colhida de cana (Gonçalves, 2005).

Quanto aos impactos sociais, ressaltam-se os impactos da sazonalidade da mão-de-obra, da mudança de uso e ocupação do solo (substituição de culturas) e do aumento da pressão sobre a infra-estrutura urbana dos municípios.

Particularmente, a questão da queima da palha da cana utilizada na colheita manual, acarreta impactos negativos. A queimada é realizada regularmente para facilitar o trabalho de colheita manual da cana-de-açúcar. Ela é praticada em 80% da área cultivada por canaviais. As queimadas facilitam os trabalhos nos canaviais durante a colheita já que no ponto de colheita, antes da queima, as plantas ficam com uma folhagem abundante dificultando a passagem entre os estreitos corredores. Entretanto, a mecanização da colheita vem sendo gradativamente implementada em vários estados brasileiros. Os estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul já possuem legislação que definem prazos para eliminação progressiva das queimadas da palha (Lei 11.241/02, Lei nº 15.834/06 e Lei 3.357/07).

Do ponto de vista físico, as emissões atmosféricas associadas à queima da palha são principalmente referentes aos altos níveis de material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de enxofre (SOx) e metano (CH<sub>4</sub>).

Em termos de impactos globais, com a queima ocorre a emissão de gases de efeito estufa como o CO<sub>2</sub> (somente caso haja mudança na tipologia vegetal, pois do contrário às emissões são compensadas pelo próximo cultivo e as emissões desse gás são consideradas nulas), mas também de CH<sub>4</sub>, de CO e de N<sub>2</sub>O e NO<sub>x</sub>. A oxidação do SO<sub>2</sub> na atmosfera forma ácido sulfúrico que se deposita por intermédio da “chuva ácida”. A poluição por SO<sub>2</sub> é mais danosa quando as concentrações de material particulado e outros poluentes são mais altos (Dubeux, 2007).

Do ponto de vista local, os principais poluentes decorrentes das queimadas que impactam a saúde da população são: o MP (aerossóis, fuligens, fumaça), o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), o monóxido de carbono (CO) e o ozônio (O<sub>3</sub>) (Dubeux, 2007). O SO<sub>2</sub> irrita os olhos e as vias respiratórias e o CO reage com a hemoglobina reduzindo a capacidade do sangue em transportar o oxigênio às células, aumentando o risco de ataques cardíacos, doenças coronarianas e doenças do sistema circulatório (Vieira, 2006). Também a fuligem da queima espalha-se pelas cidades causando incômodo às populações pela sujeira que deixa nas residências próximas ao canavial. Além disso, as partículas respiráveis da fuligem contribuem para aumentar a incidência de doenças respiratórias que atingem, principalmente, as crianças e os idosos durante o período da safra (Arbex *et al.*, 2004).

A fauna que habita os canaviais também é prejudicada pelas queimadas. Depois que o fogo se apaga, à medida que as máquinas cortam e retiram a cana, é possível observar as aves de rapina na caçada aos pequenos roedores, cobras e outros animais peçonhentos que a queimada dizimou (Franco, 1992).

Também sobre os solos, a queimada da cana resulta no aumento das perdas por erosão, principalmente em terrenos íngremes, a volatilização de substâncias necessárias à nutrição das plantas e a destruição de grande parte da matéria orgânica do solo, eliminando microorganismos úteis do solo e diminuindo progressivamente a fertilidade do solo e a produtividade das lavouras (Ceddia, *et al.* 1999). Além disso, as queimadas impedem a circulação dos micros elementos e as atividades dos microorganismos do solo, aumentando a necessidade de aplicação de adubos químicos e defensivos agrícolas (Kunst, 1996).

No que se refere aos impactos socioeconômicos, a introdução de maquinários para a colheita mecanizada da cana demanda elevados investimentos, dificultando a aquisição destes pelos pequenos e médios produtores. Rosillo-Calle & Cortez (1998) destacam que o custo da colheita manual por tonelada é o dobro do custo da colheita mecanizada. Assim, embora a utilização das colhedoras se reverta em aumento da produtividade e qualidade da matéria-prima, bem como em diminuição dos custos da produção agrícola, que representam entre 50% e 60% em relação ao custo total do etanol, a dificuldade de acesso a esses maquinários tende a agravar mais a concentração da produção de cana entre os grandes proprietários rurais (Scopinho, 1995).

A colheita da cana queimada é uma atividade insalubre, que resulta em periculosidade e riscos à saúde do trabalhador rural. Os cortadores de cana submetem-se a baixos salários, trabalhos temporários (sazonais) e a condições de alimentação e habitação precárias, levando à baixa qualidade das relações e condições de trabalho (Scopinho, 1995). Scopinho (1996) comenta que a medida que as máquinas se movimentam dentro do talhão, levanta-se uma nuvem de poeira que mistura a terra e a fuligem da palha de cana queimada e, além disso, a queima ocorre algumas horas antes do corte e, em seguida, os trabalhadores entram no talhão de cana quando a temperatura ainda está elevada. Por outro lado, com a crescente introdução de

colhedoras mecânicas tem havido a redução de postos de trabalhos, atingindo principalmente os trabalhadores rurais de menor qualificação e com maiores dificuldades de inserção no mercado de trabalho (Veiga Filho *et al.*, 1994).

Em relação ao uso de fertilizantes, a cultura da cana foi a que mais ampliou o consumo de fertilizantes em 2002, respondendo por cerca de 15% das vendas de fertilizantes (Vitti & Mazza, 2002). O uso de fertilizantes está associado ao risco à qualidade da água dos rios, lagos e aquíferos subterrâneos. Do total dos fertilizantes nitrogenados aplicados nas culturas agrícolas parte é incorporado nas plantas e no solo, parte volatiliza na forma de NO<sub>x</sub> e NH<sub>3</sub> e parte é lixiviado ou escoado para os mananciais de água, subterrânea ou superficial, respectivamente. Os principais impactos são: eutrofização dos rios e lagos, acidificação dos solos (amônia para nitrato) e contaminação de aquíferos e reservatórios de água.

Da mesma forma, os defensivos agrícolas aplicados abusivamente contaminam o solo e o sistema hídrico, podendo gerar danos à saúde e provocando alterações significativas nos ecossistemas. Os agrotóxicos podem ser persistentes, móveis e tóxicos no solo, na água e no ar e tendem a se acumular no solo e na biota, sendo que seus resíduos podem chegar aos sistemas superficiais por deflúvio superficial (runoff) e aos sistemas subterrâneos por lixiviação (Landon *et al.*, 1990). Waswa, *et al* (2002) afirmam que existe uma forte relação entre o aumento de produtividade, o aumento do uso de agrotóxicos, a degradação ambiental e os danos à saúde humana. Deve-se ressaltar novamente, que as áreas cultivadas de cana-de-açúcar são, em geral, bastante extensas, assim a aplicação de defensivos de forma prolongada traz sérios riscos de poluição do lençol subaquático.

Outro importante potencial impacto relacionado às atividades agropecuárias, em geral, e à expansão da cana, em particular, é a pressão pela abertura de novas áreas e o conseqüente aumento das taxas de desmatamento. Tal fato torna-se mais preocupante quando se pensa no impacto gerado pelo desmatamento que ocorre em Áreas de Preservação Permanente (APP), como as nascentes e as áreas marginais de drenagem. Esses fatores contribuem para a diminuição da produtividade agrícola e das pastagens o que, por outro lado, demandam cada vez maior tecnificação da agricultura para a manutenção e/ou aumento da produtividade e, por sua vez, aumentam a pressão pela abertura de novas áreas sobre os remanescentes nativos. Nesse contexto, vale salientar os riscos de perdas de áreas de alto valor para biodiversidade, de áreas de corredores ecológicos e de áreas de conexão entre as áreas de reserva legal com as da APP (Área de Preservação Permanente). Além disso, a já citada tendência de deslocamento de atividades pastoris da região centro-sul para a região Norte nos últimos 10 anos (1996 a 2006) é preocupante, no sentido que a expansão canavieira na região centro sul pode exercer um pressão indireta sobre a Floresta Amazônica.

## **6. Identificação dos Indicadores SENSOR nas bases de dados CEPAL, IBGE.**

O conceito de indicadores de desenvolvimento sustentável foi apresentado na Agenda 21, documento resultante da *United Nations Conference on Sustainable Development* – (UNCED - Rio-ECO92): “Os Indicadores de desenvolvimento sustentável devem fornecer as bases necessárias ao processo de tomada de decisão em todos os níveis e contribuir para autorregular a sustentabilidade de sistemas integrados de desenvolvimento”. A seleção destes indicadores ocorre depois que as políticas públicas sejam definidas. Conforme dito anteriormente, os indicadores do projeto SENSOR foram selecionados a partir dos desenvolvidos pela Comissão da União Européia (*Commission of the European Community - CEC*).



A seleção dos indicadores para o projeto SENSOR foi feita com base em três perguntas

- O que os indicadores devem medir? O que esta medida representa?
- Porque o indicador é relevante para a questão da sustentabilidade? Este indicador foi definido em outras bases de dados?
- Como este indicador pode ser modelado? Que dados existem disponíveis para definir os valores deste indicador? A que nível espacial o indicador esta disponível?

Kristensen *et al.*(2007) definiu alguns critérios que os indicadores devem atender:

- Abordar a essência da questão e poder ser interpretado de forma clara;
- Ser robusto e poder ser validado estatisticamente;
- Responder às políticas públicas;
- Ser aplicável em toda a região sob análise; e
- Medir a dimensão do impacto - DPSIR (Direção – Pressão, Estado- Impacto - Resposta).

Com base nestes critérios, o projeto SENSOR-EU selecionou, a partir dos indicadores definidos pelo CEC, uma listagem de indicadores ambientais, econômicos e sociais, capazes de medir os impactos resultantes de políticas públicas de mudança de uso do solo nos países integrantes da União Européia.

Considerando a listagem dos impactos e respectivos indicadores selecionados pelo projeto SENSOR EU, realizou-se uma ampla busca nas bases de dados da Comissão Econômica para América Latina e Caribe (CEPAL) e do Instituto Brasileiro de Economia e Estatística (IBGE) com o objetivo de verificar a correspondência entre eles, e a possibilidade de aproveitamento na realidade Latino Americana e Brasileira. As Tabelas a seguir apresentam os impactos e os indicadores selecionados pelo projeto SENSOR e assinalam os indicadores encontrados nas bases do CEPAL e IBGE.

**Tabela 2: Indicadores de Impacto Ambientais, Econômicos e Sociais**

**Tabela 2a: Indicadores de Impacto Ambiental**

Impacto	Indicadores Ambientais		
	União Européia	América Latina	MS Brasil
	Sensor	Cepal	IBGE
1- Qualidade do Ar	Amônia (NH3)		x
	Óxido de Nitrogênio -NOx	X	
2- Água	Nitrogênio excedente		
	Fósforo excedente		
	Uso de Agrotóxicos	X	x
3- Solo	Captação de Água	X	
	Erosão do Solo		x
4- Clima	Compactação do Solo		
	Estoque e seqüestro de carbono		
	Gás Carbônico - CO2	X	
5- Recursos Naturais	Metano - CH4	X	
	Consumo de energia	X	
	Produção de energia por fonte	X	x
6- Biodiversidade e paisagem	Proporção de habitats terrestres com risco de eutrofização		
	Variação da População de aves em áreas agrícolas		
	Volume de madeira morta		
	Areas de conservação	X	x
	Mudança de Pastagem natural para uso agrícola		
	Agregação Espacial		

Impacto	Indicadores Ambientais		
	União Européia	América Latina	MS Brasil
	Sensor	Cepal	IBGE
	Diversidade de paisagem		
7 – Uso do Solo	Mudança da cobertura do solo por classe		
8- Geração e reciclagem resíduos	Água residual e resíduo sólido	X	
9- Riscos Ambientais	Risco de incêndio florestal		x
10- Energia	Consumo de energia em transporte		
	Consumo de energia - aquecimento e eletricidade		

**Tabela 2b: Indicadores de Impacto Econômico**

Impacto	Indicadores Econômicos		
	União Européia	América Latina	Brasil MS
	Sensor	Cepal	IBGE
1- Competitividade, comércio, fluxo de investimento	Taxa de câmbio efetivo real		x
	Balança comercial líquido		x
	Formação bruta de capital fixo pelo setor privado	x	x
	Conta capital da balança de pagamentos.		x
2- Competição mercado interno	Convergência de preços entre países membros		
3 – Custos operacionais e gestão de negócios	Custo de trabalho – remuneração	x	x
	Valor / Tarifa energia		x
4 - Pesquisa e inovação	Número de pesquisadores		
	Número de patentes		
	Produtividade no trabalho		
	Taxa de crescimento da produtividade multifator		
5- Consumidores e família	Índice de preços do consumidor	x	x
	Estrutura do consumo		
6 - Regiões e setores específicos	Valor bruto adicionado por setor		
	Participação por setor no PIB	x	x
7 -Relações internacionais	Proporção de medidas de apoio ao setor agrícola		
8 – Autoridades governamentais	Investimento do governo		x
	Gasto do governo como % do PIB	x	
	Dívida do governo como % do PIB	x	x
	Balança de pagamento como % do PIB	x	x
9- Macroeconomia	Taxa de crescimento do real PIB / per capita		x

**Tabela 2c: Indicadores de Impacto Social**

Impacto	Indicadores Sociais		
	União Européia	América Latina	Brasil MS
	SENSOR	CEPAL	IBGE Bacen EPE
1- Emprego e mercado de trabalho	Taxa de desemprego	x	x
	Emprego por setor	x	x
2- Inclusão social e proteção a grupos determinados	Mudança no coeficiente GINI	x	x
	Coeficiente de variação da taxa de emprego		
	Desvio da renda regional		
3 – Igualdade de tratamento e oportunidades, discriminação	Impacto do gênero na distribuição de renda		
4 – Governança, participação, acesso a justiça, mídia e ética	Páginas do governo na internet		
	Quantidade de votos elegíveis		x
	Taxa de participação em atividades comunitárias		
5- Saúde e segurança pública	Exposição a químicos por classe toxicológica		
6 - Crime, terrorismo, segurança	Índice de auto-suficiência para alimento e energia		
7 – Acesso à saúde e educação	Migração líquida		
8 – Pressão do turismo	Nº turistas na alta estação em relação à população local		
	Nº turistas e residentes por km <sup>2</sup> em área de recreação		
9 - Identidade Paisagística	Apreciação de herança paisagística		
	Continuidade da identidade paisagística		
	Mudança de atratividade visual		

Quanto aos indicadores ambientais (Tabela 2 a), embora a maioria dos indicadores propostos pelo Projeto SENSOR EU encontrem correspondentes nas bases do IBGE e CEPAL, alguns dos indicadores propostos pelo SENSOR que não foram encontrados nas bases de dados pesquisadas parecem particularmente importantes para descrever o impacto da expansão canavieira no Brasil, como por exemplo, os indicadores de impactos à “água”, “solo”, “clima” e “energia”. Outra questão é que a grande maioria dos indicadores ambientais do CEPAL e IBGE refere-se aos impactos de todos os setores econômicos e haveria a necessidade de se construir indicadores associados ao setor agropecuário, como referencial à descrição dos impactos do cultivo da cana-de-açúcar. Esse fato é agravado pela escala da maioria dos indicadores ambientais, que no CEPAL são sub-regionais (ao nível de países) e não estaduais, como os do IBGE, ou municipais. Adicionalmente, os impactos ambientais do cultivo canavieiro são bastante particulares, por exemplo, o forte impacto do uso das queimadas para colheita manual, cujo material particulado (MP) apresenta um grande efeito negativo do ponto de vista ambiental (qualidade do ar) e socioeconômico (doenças ocupacionais) só para citar um dos mais importantes, não estaria contemplado caso os indicadores do SENSOR EU fossem adotados.

No que se refere aos indicadores econômicos, nota-se na Tabela 2b, que o impacto “competição mercado interno” não se aplica ao caso brasileiro. Entretanto, indicadores referentes aos impactos “pesquisa e inovação” não foram encontrados nas bases pesquisadas, mas poderiam compor uma boa descrição da sustentabilidade econômica.

Por último, para os indicadores sociais propostos pelo SENSOR percebe-se a baixa correspondência nas bases do CEPAL e IBGE (Tabela 2c). Percebe-se, da mesma forma, que grande parte dos indicadores sociais selecionados pelo projeto SENSOR-EU não poderiam ser transferidos para descrever os impactos da expansão canavieira no Brasil, fato que pode ser

atribuído às diferentes políticas, características sociais e culturais do país e à falta de dados setoriais para proposição desses indicadores.

No caso do Brasil, o IBGE desenvolveu em 2004 um documento intitulado “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável”. Este documento apresenta indicadores definidos pelo IBGE nas esferas ambiental, econômico, institucional e social, voltados para a realidade do Brasil, suas regiões e respectivos estados. Desta forma, para a seleção de indicadores de sustentabilidade que mensurem os impactos resultantes de políticas públicas de mudança de uso e ocupação do solo no Brasil, a serem adotados pelo projeto SENSOR-TCC, alguns dos indicadores definidos pelo IBGE podem ser utilizados, assim como devem ser definidos outros indicadores capazes de medirem os possíveis futuros impactos. Assim, a transferabilidade dos indicadores selecionados pelo SENSOR-EU deve estar condicionada a aplicabilidade e pertinência destes indicadores para o caso brasileiro.

## **7. Conclusão e Discussão**

A identificação e seleção de indicadores poderá contribuir para uma avaliação ex-ante dos impactos à sustentabilidade da expansão do cultivo da cana-de-açúcar em diferentes cenários resultantes da implementação de políticas públicas de mudança de uso do solo, conforme proposto pelo SENSOR-EU. Esses resultados podem direcionar a formulação de políticas públicas que levem a sustentabilidade dessa atividade na região Centro-sul do Brasil.

No entanto, os impactos decorrentes da expansão da cana-de-açúcar no Brasil para a produção de etanol ocorrem em função do histórico da produção do etanol no país, das técnicas agrícolas aplicadas e de aspectos ambientais, sociais, culturais e políticos do país. O Brasil ainda não tem uma política pública definida para a expansão do cultivo da cana-de-açúcar para a produção de biocombustíveis, sendo que a única interferência direta do governo é no processo de autorização/financiamento de novas usinas. O governo brasileiro iniciou esforço para a realização do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar em nível nacional, incorporando aspectos ambientais, edafoclimáticos e de uso do solo. A produção da cana-de-açúcar deverá seguir as indicações das legislações ambientais de cada estado brasileiro e seu plantio deve ser feito de maneira a evitar a competição em áreas de produção de grãos e em áreas com restrições ambientais e antrópicas (bioma Amazônico, Pantanal, áreas de proteção, áreas indígenas, etc.). O zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar deverá embasar a formulação de políticas públicas para a expansão sustentável da agricultura canavieira no país.

Em uma primeira análise, uma parte significativa dos indicadores propostos para descrever os impactos resultantes de políticas públicas de mudança de uso do solo nos países integrantes da União Européia não coincide com os indicadores ambientais, sociais e econômicos desenvolvidos pelo CEPAL e IBGE. Os impactos associados ao cultivo da cana-de-açúcar no Brasil decorrem muitas vezes da concentração e extensão do cultivo da cana na região centro-sul, notadamente no estado de São Paulo, maior produtor nacional. A queimada da cana que antecede a colheita manual apresenta impactos sinérgicos ao meio biótico, físico e antrópico. Os indicadores do Projeto Sensor EU não são adequados para avaliar este fator de impacto. Outra questão de relevante interesse diz respeito ao impacto da expansão da cana sobre os ecossistemas naturais, envolvendo inclusive o impacto indireto da expansão canavieira sobre a floresta Amazônica e o Cerrado. Alguns dos indicadores desenvolvidos pelo SENSOR parecem não ser suficientes para descrever os impactos da expansão da cana-de-açúcar na

realidade do país, enquanto que outros indicadores propostos deveriam ser desenvolvidos no Brasil a fim de descrever o impacto da expansão canavieira. Novos indicadores devem ser selecionados, entre os indicadores de sustentabilidade propostos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004) e outros a serem desenvolvidos.

## **Agradecimentos**

Este trabalho foi realizado com apoio financeiro de Projeto Sensor (CEC FP6 # 003874).

## **Bibliografia**

ANSELMI, R. (2005) JornalCana Campinas fev. Disponível em [www.jornalcana.com.br/pdf/134/produção.pdf](http://www.jornalcana.com.br/pdf/134/produção.pdf)

ARBEX MA, CANÇADO JED, PEREIRA LAA, BRAGA ALF, SALDIVA PHN. (2004). Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. J Bras Pneumol, 30:158-75.

BACEN - BANCO CENTRAL DO BRASIL disponível em: <http://www.bcb.gov.br>

CEDDIA, M. B., DOS ANJOS, L. H. C., LIMA, E., NETO, A. R. e DA SILVA, L. A. 1999 Sistemas de Colheita da Cana-de-açúcar e Alterações nas Propriedades Físicas de um Solo Podzólico Amarelo no Estado do Espírito Santo. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.34, n.8, p.1467-1473

COMISSÃO ECONÔMICA PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE, CEPAL: Estatísticas para a América Latina e Caribe: disponível em <http://www.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegrada.asp>

CONAB (2007) Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-açúcar. Disponível em [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)

DATAGRO (2007) Disponível em [www.datagro.com/preço](http://www.datagro.com/preço)

DUBEUX, C. B. S. (2007) Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa por Municípios Brasileiros: Metodologias para Elaboração de Inventários Setoriais e Cenários de Emissões como Instrumentos de Planejamento. Tese de doutorado. PPE/COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro – RJ. 247p

GONÇALVES, D. B (2005). Mar de cana, deserto verde? Dilemas do desenvolvimento sustentável na produção canavieira paulista. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de pósgraduação em Engenharia de Produção, São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.

IBGE (2003) Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. Rio de Janeiro. V.15. N.12, p.84. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

IBGE (2004) - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, Brasil”, IBGE, Rio de Janeiro, RJ.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, disponível em: <http://www.ibge.gov.br>

IBGE/ CENSO AGROPECUÁRIO (2006) INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Censo Agropecuário de 2006**. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br/](http://www.sidra.ibge.gov.br/)

IGBE/PAM (2008) IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2005. Pesquisa Agrícola Municipal-PAM. Disponível em [www.sidra.ibge.gov.br/bda/PAM](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/PAM).

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS – IPEADATA, disponível em <http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/DadosIPEADData.htm.SessionID=1337720836>

JBIC-JAPAN BANK FOR INTERNATIONAL COOPERATION/MAPA (2006). Estudos Prospectivos para Fomento dos Biocombustíveis no Brasil. Relatório Final, Abril, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

KUNST, C. (1996). Efectos del fuego sobre el suelo. In. Introducción a la ecología de fuego y manejo de fuego prescrito. INTA EEA: Santiago del Estero,. p.17-28

LANDON, MELISSA; JACOBSEN, JEFF; E JOHNSON, GREG. (1990) .Pesticide Management for Water Quality Protection. Montana State University

MAPA (2008) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ Assessoria de gestão estratégica. Projeções do Agronegócio Mundial e Brasil 2006/07 a 2017/18. Brasília-DF

MORAES, M.A.F.D. (1999) A desregulamentação do setor sucroalcooleiro Brasileiro. Tese doutorado em Ciências, Economia Aplicada. Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

ROSILLO-CALLE, F.; CORTEZ L.A.B (1998) Towards Proalcohol II: A review of the Brazilian Bioethanol Programme. Biomass and Bioenergy, vol.14 (2) p115-124.

SCOPINHO, R. A. (1995) *Pedagogia Empresarial de Controle do Trabalho e Saúde do Trabalhador: O Caso de uma Usina-Destilaria da Região de Ribeirão Preto*. Dissertação de Mestrado, São Carlos: Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos.

SCOPINHO, R. A. (1996) Vigilância e educação em saúde: o Comando de Fiscalização Integrada no setor sucroalcooleiro da região de Ribeirão Preto. In: *XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção/ II Congresso Internacional de Engenharia Industrial, Piracicaba*.

SECEX – SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR (2006). Dados de Exportação. Disponível em <http://www.aliceweb.desenvolvimento.gov.br>

SENSOR – IP, disponível em: [HTTP://www.sensor-ip.eu](http://www.sensor-ip.eu)

UNICA (2006) Cana, Açúcar e Álcool: Balanço e Avaliação da Safra região Centro-sul. Disponível em <http://www.unica.com.br>

VEIGA FILHO, A. A.; SANTOS, Z. A. P. S.; VEIGA, J. E. R.; OTANI, M. N. & YOSHII, R. J. (1994). Análise da mecanização do corte da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, 10: 43-58.

VIEIRA, J. N. de S. (2006). A Agroenergia e os Novos Desafios para a Política Agrícola no Brasil. In: O Futuro da Indústria: Biodiesel, Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, n. 14, pp. 37-48. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior-MDIC/Instituto Euvaldo Lodi-IEL/Núcleo Central.

WASWA, Fuchaka; GACHENE, C. K. K.; EGGERS, Helmut. (2002). Assessment of erosion damage in Ndome and Ghazi, Taita Taveta, Kenya. *Geojournal*, 2002, Vol. 56, n. 3, pp. 201-212.