UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – EESC

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL – PPGSEA

ANAIS

WORKSHOP SOBRE AVALIAÇÃO INTEGRADA DE SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DO ETANOL

BIOEN WORKSHOP ON INTEGRATED SUSTAINABILITY ASSESSMENT FOR ETHANOL CONTEXT

ISBN 978-85-85205-99-7

São Carlos - SP
13 e 14 de abril de 2010
EESC/USP

Organizadores

TADEU FABRÍCIO MALHEIROS

FREDERICO YURI HANAI

Apoio

Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental

Pró-reitoria de Pós-graduação
Pró-reitoria de Pesquisa

EESC/USP
São Carlos – SP
2010

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da
Informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

W926a
2010
Cd-rom

Workshop sobre Avaliação Integrada de Sustentabilidade no Contexto do Etanol (2010 : São Carlos, SP)
Anais [do] workshop sobre avaliação integrada de sustentabilidade no contexto do etanol = [Annals of the] Bioen Workshop on Integrated Sustainability Assessment for Ethanol Context [recurso eletrônico] / organizadores: Tadeu Fabrício Malheiros, Frederico Yuri Hanai. -- São Carlos : EESC/USP, 2010.
1 Cd-rom
Este evento é parte integrante do Projeto BIOEN-FAPESP Nº 2008/58033-3 "The sweet and bitter sides of the sugarcane: an integrated sustainability assessment for the Brazilian ethanol context"
ISBN 978-85-85205-99-7

1. Sustentabilidade - avaliação. 2. Etanol. 3. Cana- de-açúcar. I. Malheiros, Tadeu Fabrício. II. Hanai, Frederico Yuri. III. Bioen Workshop on Integrated Sustainability Assessment for Ethanol Context (2010 : São Carlos, SP). IV. Título.

Comissão Organizadora

Ana Paula Alves Dibo
Ana Paula Maria Regra
Carla Grigoletto Duarte
Frederico Yuri Hanai
Joviniano Pereira da Silva Netto
Marcio Henrique Bertazi
Priscila Rodrigues Gomes
Ruby Alicia Criollo Martínez
Tadeu Fabrício Malheiros
Tássia Gaspar Temóteo

Realização

Universidade de São Paulo - USP
Escola de Engenharia de São Carlos - EESC
Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental - PPGSEA

Apoio

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES
Pró-Reitoria de Pós-Graduação – USP
Pró-Reitoria de Pesquisa – USP
Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – PPG/SEA
Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada - CRHEA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Instituto de Economia Agrícola – IEA

Este evento é parte integrante do **Projeto BIOEN-FAPESP** No. 2008/58033-3

THE SWEET AND BITTER SIDES OF THE SUGARCANE: AN INTEGRATED SUSTAINABILITY ASSESSMENT FOR THE BRAZILIAN ETHANOL CONTEXT

SUMÁRIO

Conteúdo

PROGRAMAÇÃO DO EVENTO 1
APRESENTAÇÃO 2
TADEU FABRÍCIO MALHEIROS 2
FREDERICO YURI HANAI 2
A VISÃO E O PAPEL DO SETOR GOVERNAMENTAL NA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DO ETANOL 9
RICARDO VIEGAS 9
PESQUISA E SUSTENTABILIDADE DA EXPANSÃO CANAVIEIRA ATUAL - UMA CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DA DINÂMICA ESPACIAL: O CASO DE GOIÁS 10
SELMA SIMÕES DE CASTRO 10
KLAUS ABDALA 10
VONEDIRCE BORGES 10
ADRIANA A.SILVA 10
ETANOL E QUALIDADE DO AR 12
Prof. Dr. JOÃO VICENTE DE ASSUNÇÃO 12
EMPREGO E RENDA NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR 14
VALQUÍRIA DA SILVA 14
SÉRGIO ALVES TORQUATO 14
JOSÉ EDUARDO VEIGA 14
DANTON LEONEL DE CAMARGO BINI 14
KÁTIA NACHILUK 14
BALANÇO DE CARBONO NA PRODUÇÃO DE ETANOL COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE 16
SÉRGIO ALMEIDA PACCA 16
SIMONE PEREIRA DE SOUZA 16
SUSTENTABILIDADE DAS CADEIAS PRODUTIVAS AGRÍCOLAS 17
JESUS-HITZSCHKY, Kátia Regina Evaristo 17
FERRAMENTAS PARA A SUSTENTABILIDADE: CARACTERIZANDO A BIOCONVERSÃO DO ETANOL ATRAVÉS DE TÉCNICAS ÓPTICAS AVANÇADAS 24
ESTEVAM-ALVES, Regina 24
OLZON-DIONYSIO, Danilo 24
CATANDI, Patrícia Bongiovanni 24
POLIKARPOV, Igor 24
GUIMARÃES, Francisco Eduardo Gontijo 24

O SETOR DE BIOENERGIA E A GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS REDUZIDAS (CEAR'S) 30
SOLER, Fabricio Dorado 30
QUANTIFICAÇÃO DA EROSÃO DE SOLOS E BALANÇO HÍDRICO EM CULTURAS DE CANA DE AÇÚCAR E PASTAGENS EM LATOSSOLO 38
YOULTON, Cristian. 38
WENDLAND, Edson. 38
SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS AGRÍCOLAS: INOVA-TEC SYSTEM v. 2.0 47
JESUS-HITZSCHKY, Kátia Regina Evaristo 47
ETANOL E COGERAÇÃO DIANTE DA ÓPTICA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL 53
FURLAN, Natália 53
SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA NA ATIVIDADE PRODUTIVA CANAVIEIRA EM ASSIS (SP): O CASO DOS FORNECEDORES 61
BINI, Danton Leonel de Camargo 61
TORQUATO, Sérgio Alves 61
OS IMPACTOS SOCIAIS DA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇUCAR 67
ESPÍNDOLA, Évellyn Aparecida 67
ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta 67
ABORDAGENS E FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE 74
DUARTE, Carla Grigoletto 74
MALHEIROS, Tadeu Fabrício 74
A HISTÓRIA AMBIENTAL DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO 84
BERTAZI, Marcio Henrique* 84
MALHEIROS, Tadeu Fabrício 84
CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E SUA RELAÇÃO COM A PRODUÇÃO DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO 90
SILVA NETTO, Joviniano Pereira da 90
HANAI, Frederico Yuri 90
MALHEIROS, Tadeu Fabrício 90
SUSTENTABILIDADE E O PROJETO ETANOL VERDE DA SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO 95
SANTOS, Eraldo Kobayashi 95
ESTEVES, Andressa dos Santos 95
POLIZEL, Juliana 95
DUARTE, Carla Grigoletto 95
MALHEIROS, Tadeu Fabrício 95

INDICADORES AMBIENTAIS NA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE INTEGRADA 103
GOMES, Priscila Rodrigues 103
HANAI, Frederico Yuri Hanai 103
MALHEIROS, Tadeu Fabrício 103
AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE: CONTRIBUIÇÕES PARA O CONTEXTO DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR 113
DUARTE, Carla Grigoletto 113
MALHEIROS, Tadeu Fabrício 113
INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS CUMULATIVOS NA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR 121
DIBO, Ana Paula Alves 121
VAZ, Renato 121
DUARTE, Carla Grigoletto 121
HANAI, Frederico Yuri 121
MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS NA AVALIAÇÃO INTEGRADA DE SUSTENTABILIDADE E O CONTEXTO DO ETANOL 130
REGRA, Ana Paula Maria 130
DUARTE, Carla Grigoletto 130
MALHEIROS, Tadeu Fabrício 130
AVALIAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO DA REDE DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL (RAS) APLICADA À INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA 134
ESTEVES, Andressa dos Santos 134
SANTOS, Eraldo Kobayashi 134
POLIZEL, Juliana; 134
DUARTE, Carla Grigoletto; 134
MALHEIROS, Tadeu Fabrício 134

PROGRAMAÇÃO DO EVENTO

1º DIA – 13 DE ABRIL DE 2010	
9:00h. as 9:30h.	Abertura do evento
9:30h. as 10:00h.	Café de recepção
10:00h. as 12:30h.	**Mesa Redonda: "A sustentabilidade na tomada de decisões"**
	Moderador: Tadeu Fabrício Malheiros – EESC/USP Relator: Joviniano Pereira da Silva Netto – PPG-SEA – EESC/USP **"A visão e o papel do setor governamental na produção sustentável do etanol"** Ricardo Viegas – Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo **"A visão e o papel do setor sucroalcooleiro na produção sustentável do etanol**" Luiz Fernando do Amaral – União da Indústria da Cana-de-açúcar – UNICA **"Pesquisa e Sustentabilidade no contexto do etanol de cana de açúcar**" Selma Castro – Universidade Federal de Goiás
12:30h. as 13:30h.	Almoço
13:30h. as 17:00h.	**Mesa Redonda: "Instrumentos de Avaliação Integrada da Sustentabilidade"**
	Moderadora: Heitor Luiz da Costa Coutinho - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Solos Relatora: Carla Grigoletto Duarte – PPG-SEA – EESC/USP Palestrantes convidados: **"Integrated Sustainability Assessment: the MATISSE project experience"** Pieter Valkering - Maastricht University (Holanda) **"Sustainability Impact Assessment of Land Use Changes: the SENSOR project experience"** Marta Pérez-Soba / Peter Verweij - Wageningen University & Research Centre (Holanda)
15:00h. as 15:30h.	Café da tarde com apresentação e discussões dos trabalhos científicos (pôsteres)
2º DIA – 14 DE ABRIL DE 2010	
9:00h. as 10:15h.	**Mesa Redonda: "Interfaces da Sustentabilidade e produção do Etanol" – DIMENSÃO SOCIECONÔMICA**
	Moderador: : Frederico Yuri Hanai – PPG-SEA – EESC/USP Relator: **"Etanol da cana-de-açúcar e poluição do ar"** João Vicente de Assunção – Faculdade de Saúde Pública – FSP/USP **"Emprego e renda na produção de cana-de-açúcar"** Sérgio Torquato e Valquíria da Silva – Instituto de Economia Agrícola – IEA
10:15h. as 10:45h.	Café com apresentação e discussões dos trabalhos científicos (pôsteres)
10:45h. as 12:30h.	**Mesa Redonda: "Interfaces da Sustentabilidade e produção do Etanol" – DIMENSÃO AMBIENTAL**
	Moderadora: Raffaella Rossetto - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA Relatora: Priscila Rodrigues Gomes – PPG-SEA – EESC/USP **"A ecologia da paisagem na avaliação da sustentabilidade do etanol"** Victor Eduardo Lima Ranieri –EESC –USP **"Balanço de carbono na produção de etanol como indicador de sustentabilidade"** Sérgio Almeida Pacca - EACH USP **"Uso da ferramenta ACV (Análise do Ciclo de Vida) no monitoramento da sustentabilidade do etanol"** Aldo Roberto Ometto – EESC –USP
12:30h. as 13:30h.	Almoço
13:30h. as 17:00h.	**Oficina Técnica Interna com os parceiros do Projeto AISe**
15:00h. as 15:30h.	Café da tarde

APRESENTAÇÃO

TADEU FABRÍCIO MALHEIROS
FREDERICO YURI HANAI

As preocupações com o uso intensivo de energias não renováveis e seus impactos ambientais estão no foco das discussões sobre ambiente e desenvolvimento nas últimas décadas. A emissão de gases de efeito estufa é uma das questões mais relevantes diante da preocupação mundial com as mudanças globais do clima. Os combustíveis fósseis continuam a ter grande importância na matriz energética mundial, e apesar do desenvolvimento de tecnologias voltadas à redução, as emissões de CO_2 continuam a aumentar. A preocupação sobre a sustentabilidade dos bio-combustíveis certamente vai além das questões sobre a redução das emissões de gases de efeito, pois trata-se de um enfoque integrado das várias dimensões do desenvolvimento sustentável.

O Brasil tem se destacado por apresentar reduzidos índices de emissão de gases de efeito estufa comparativamente ao resto do mundo. Isto se deve ao elevado percentual de participação de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira, em especial, o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar. O consumo de etanol vem aumentado expressivamente nos últimos anos, principalmente com a entrada dos carros *flex fuel* no mercado, em 2003. Estudos afirmam que o etanol pode reduzir em mais de 70% a emissão de gases de efeito estufa se comparado ao consumo da gasolina. A produção de etanol da safra 2007/2008 ultrapassou os 22 bilhões de litros, dos quais 3,6 bilhões foram exportados, enquanto a produção de gasolina foi de 24 bilhões de litros. Em 2007, 89% dos carros vendidos no Brasil eram *fluex fuel*,

Entretanto, a redução do impacto ambiental do uso do etanol comparado a combustíveis fósseis não se restringe aos benefícios trazidos pela menor emissão de gases de efeito estufa, já que os principais impactos da produção etanol são regionais. Com isso, há significativas inquietações da sociedade nacional e internacional – potencial consumidora de etanol – acerca do balanço de impactos diretos e indiretos provenientes do atual modelo de produção de cana-de-açúcar e etanol pautado no emprego de mão-de-obra barata, em jornadas elevadas de trabalho, em sistema de monocultura e usos intensos do solo, e principalmente, da capacidade institucional, do ponto de vista da gestão ambiental, de responder a esta demanda, em ambiente de alta complexidade política, social, econômica e ambiental.

Desta forma, projetos de avaliação integrada de sustentabilidade vêm sendo desenvolvidos em diversos países, de forma a responder à necessidade de um olhar mais sistêmico sobre as políticas e as respectivas ações antrópicas. A avaliação global dos impactos da produção do etanol pode ser feita por uma ferramenta que considere os diversos aspectos

relacionados a todo o processo produtivo do etanol. No entanto, não há ainda disponível aos tomadores de decisão, sociedade e instituições de planejamento e gestão, que atuam na interface dos bio-combustíveis e sustentabilidade, uma ferramenta robusta, e que responda às especificidades do contexto sucroalcooleiro para a realidade brasileira.

Alinhado, portanto, ao importante papel que a universidade deve exercer em suas pesquisas e atividades de extensão, este projeto de pesquisa tem como objetivo desenvolver uma metodologia de avaliação integrada de sustentabilidade e aplicá-la ao etanol de cana-de-açúcar.

A metodologia científica inclui o levantamento histórico e conceitual do desenvolvimento sustentável e das metodologias integradas de avaliação de sustentabilidade, desenvolvimento de uma metodologia adequada ao etanol de cana-de-açúcar com proposição de indicadores pelos parceiros do projeto e aplicação da metodologia em dois estudos de caso no Estado de São Paulo, nos municípios de Brotas e Ribeirão Preto. A consolidação da metodologia ocorrerá a partir de oficinas de trabalho entre os parceiros e convidados, tendo em vista as demandas do setor e a capacidade institucional do Estado de São Paulo para o uso da metodologia.

A equipe do projeto reúne vários alunos de graduação e pós-graduação, e instituições parceiras: Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP), Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz (ESALQ/USP), Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP), Universidade de Michigan, Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (IMAFLORA), Instituto de Economia Agrícola (IEA) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

O projeto iniciou-se em fevereiro 2008, é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Programa FAPESP de Pesquisa em Bioenergia – BIOEN, e é coordenado pelo Prof. Tadeu Fabrício Malheiros, da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

O aspecto central do desenvolvimento do projeto de pesquisa é o de promover uma pesquisa interdisciplinar, para envolver diversos atores e integrar os diferentes pesquisadores componentes do projeto, seguindo o desenvolvimento de um plano de trabalho, apresentado a seguir nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Plano de trabalho do projeto de pesquisa

OBJETIVO	ATIVIDADES	PESQUISADORES ENVOLVIDOS	PRODUTOS
Integração do grupo de pesquisa e realização do planejamento do projeto executivo	Estabelecimento da equipe de investigação, com aplicação na avaliação integrada da sustentabilidade associado ao Núcleo de Estudos em Políticas Ambientais (NEPA)	Toda equipe	Estabelecimento do Grupo de Pesquisa Projeto executivo de pesquisa
	Consolidação de parcerias com instituições nacionais e internacionais	Tadeu	
	Planejamento e realização de reuniões para preparação do projeto executivo	Equipe	
Levantamento e atualização de coleção bibliográfica	Levantamento bibliográfico em livros, periódicos, teses e dissertações, nas seguintes temas:		Banco de dados atualizado e disponível para consulta
	* História da cana-de-açúcar e etanol	Natália	
	* Bases conceituais sobre o tema "Avaliação Integrada de Sustentabilidade"	Carla, Tadeu	
	* Documentação em estudos realizados, e banco de dados disponível em estudos de caso de bacias hidrográficas	Netto, Tiago, Djolse, Frederico, Tadeu	
Discussão e compreensão de bases conceituais	Discussão das bases conceituais no tema de pesquisa com os membros do projeto e instituições parceiras, utilizando-se a realização de seminários e oficinas, principalmente sobre o conceito de sustentabilidade. Os pesquisadores irão aprofundar os conhecimentos em sub-componentes, que se referem ao contexto e à interface no âmbito da abordagem da sustentabilidade. Outros importantes atores, do industrial setor, instituições governamentais e não governamentais serão convidados para Workshops de discussão e construção de consenso da metodolgia AIS		Relatórios e Publicações
	Agricultura, etanol da cana-de-açúcar e padrões do uso do solo	ESALQ - Gerd	
	Gerenciamento de recursos energéticos e de água	EESC – Frederico e Djolse	
	Análise do ciclo de vida para o etanol	EESC - Aldo	
	Análise do ciclo de carbono aplicada ao contexto do etanol	EESC - Sergio e Simone	
	Uso do AIS na avaliação ambiental estratégica	EESC - Marcelo	
	Reorganização do trabalho	IEA - Sergio, Valquiria **e** José Eduardo	
	SENSOR aplicado ao Estado de São Paulo	EMBRAPA - Katia, Heitor, Ana, Joyce **e** Margareth	

OBJETIVO	ATIVIDADES	PESQUISADORES ENVOLVIDOS	PRODUTOS
Levantamento de modelos de avaliação integrada de sustentabilidade e estudo de potencialidades	Levantamento de experiências bem sucedidas em bancos de dados de institutos nacionais e internacionais que atuam neste tema. Análise de desenvolvimento potencial para o conceito de etanol de cana	Tadeu e Carla	Esquema básico da metodologia AIS destacando aspectos positivos e fragilidades
Levantamento e caracterização de sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar e estudo das interfaces	Estudo de componentes da sustentabilidade, observando bases de dados existentes, inter-relações / interfaces com outros componentes e modelos para execução de diagnósticos e prognósticos		Relatório Científico com modelos existentes e potencialidades de uso em AIS
	Agricultura, etanol da cana-de-açúcar e ecologia da paisagem	ESALQ – Gerd EESC - Victor	
	Gerenciamento de recursos energéticos e de água	EESC – Frederico e Djolse	
	Análise do ciclo de vida para o etanol	EESC - Aldo	
	Análise do ciclo de carbono aplicada ao contexto do etanol	EESC - Sergio e Simone	
	Uso do AIS na avaliação ambiental estratégica	EESC - Marcelo	
	Reorganização do trabalho	IEA - Sergio, Valquiria e José Eduardo	
	SENSOR aplicado ao Estado de São Paulo	EMBRAPA - Katia, Heitor, Ana, Joyce e Margareth	
Sugestão de uma metodologia	Execução de Workshop com partes interessadas em etanol, para propor / criar / adaptar um modelo a ser usado em AIS para o etanol da cana-de-açúcar brasileiro	Tadeu, Marcelo, Mario, Katia e Sérgio	Concepção metodológica
Sugestão de indicadores para avaliar a sustentabilidade	Definição de critérios de potencialidade e estudo de fragilidade em indicadores de sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar, bem como a análise dos sistemas de indicadores	Tadeu e Priscila	Critérios
Sugestão de indicadores para avaliação de sustentabilidade	Mapeamento e caracterização do Sistema de Informação do Estado de São Paulo e aplicação de critérios definidos	Tadeu e Priscila	Conjunto de indicadores
Sugestão de metodologia de certificação para sustentabilidade do etanol	Execução de Workshop com partes interessadas em etanol, para propor / criar / adaptar e sugerir um processo de certificação a ser usado para o etanol da cana-de-açúcar brasileiro	Tadeu, Tiago e Luis	Relatório

OBJETIVO	ATIVIDADES	PESQUISADORES ENVOLVIDOS	PRODUTOS
Preparação de estudos de caso em bacias hidrográficas: (região dos municípios de Ribeirão Preto e Brotas - Estado de São Paulo - Brasil)	Caracterização da estrutura empresarial e de gestão ambiental no setor produtivo do etanol. Compreensão de suas interfaces com área do poder público, sociedade civil organizada e outras partes interessadas. Caracterização do processo de tomada de decisão no contexto da produção de etanol na esfera do Poder Público e da sociedade civil organizada, buscando a compreensão de como o componente ambiental é tratado pelas agências ambientais locais e regionais	Tadeu, Netto, Tiago, Natália, Simone e Djolse	Publicações sobre sistema de gestão ambiental e o processo de tomada de decisão no contexto do etanol
Discussão dos resultados	Discussão do modelo sistêmico, construção de bases de análise e realização de reuniões e oficinas com a participação de instituições parceiras, bem como seus estudos de casos específicos	Equipe	Relatório
Discussão da capacidade institucional da governança dos biocombustíveis no Estado de São Paulo	Análise política e institucional	Tadeu e Carmen	Relatório
Propor um programa de construção de capacitação, propiciando ferramentas de internalização em instituições e em processos decisórios	Proposta do programa de qualificação para atores-chave no desenvolvimento da metodologia	Tadeu	Relatórios de avaliação

Quadro 2 – Equipe multidisciplinar envolvida no Projeto

Comp.	Instituição	Pesquisadores	Temas da pesquisa	Contribuição ao projeto
Ambiental	ESALQ/USP	Prof. Gerd Sparovek	Agricultura e planejamento do uso do solo	Identificar as mudanças e os impactos no uso do solo agrícola, no contexto do etanol de cana-de-açúcar. Estudar o papel deste componente e suas interfaces com outros componentes na avaliação da sustentabilidade.
	EESC/USP	Prof. Frederico Fábio Mauad	Gestão de Recursos Hídricos e Produção de energia	Estudar os impactos nos recursos hídricos associados a indústria do etanol e analisar a viabilidade da co-produção de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar. Quantificar a demanda de recursos de água para esses sistemas e comparar a eficiência entre as indústrias de etanol no Estado de São Paulo. Estudar o papel deste componente e suas interfaces com outros componentes na avaliação da sustentabilidade.
	EACH/USP	Prof. Sérgio Almeida Pacca	Análise do Ciclo do Carbono	O objetivo é usar indicadores de eficiência energética, avaliados sob a abordagem do ciclo de vida para o etanol, comparando o sistema convencional com um sistema integrado utilizando biodiesel de óleo de dendê. Estudar o papel deste componente e suas interfaces com outros componentes na avaliação da sustentabilidade.
	EESC/USP	Prof. Victor Lima Ranieri	Ecologia da Paisagem	Estudar o papel deste componente e suas interfaces com outros componentes na avaliação de sustentabilidade.
Políticas e Instrumentos	EESC/USP	Prof. Marcelo Pereira de Souza	Avaliação Ambiental Estratégica	Contribuir na discussão do uso da metodologia AIS no processo de Avaliação Ambiental Estratégica e perspectivas a serem aplicadas ao processo de política energética no Estado de São Paulo.
	IMAFLORA	Luis Fernando Guedes Pinto	Certificação da Sustentabilidade para o etanol	Contribuir com as discussões na construção de uma Certificação de Sustentabilidade para o etanol de cana-de-açúcar. Estudar o papel deste componente (Política Ambiental) e sua interface com outros componentes na avaliação da sustentabilidade.
Socio-econômico	IEA	Valquíria Silva; Sérgio Alves Torquato; Carlos Eduardo Fredo	Emprego	Correlacionar a mudança no uso do solo na agricultura, a regulamentação ambiental e organização do trabalho. Portanto, é necessário focar na avaliação dos impactos tecnológicos sobre os sistemas de produção agrícola e a reestruturação do trabalho devido à expansão da atividade canavieira, com vistas ao balanço de emprego, mecanização, perfil de trabalho e qualificação. Estudar o papel deste componente (socioeconômico) e sua interface com outros componentes na avaliação da sustentabilidade.

Comp.	Instituição	Pesquisadores	Temas da pesquisa	Contribuição ao projeto
Avaliação Integrada	EESC/USP	Prof. Tadeu Fabrício Malheiros	Indicadores de Sustentabilidade	Estudar as potencialidades da metodologia AIS como ferramenta de suporte decisório no contexto de tomada de decisão para a cana-de-açúcar do estado de São Paulo - Brasil. Estudar as potencialidades de sistemas disponíveis de indicadores ambientais a nível local e regional, para apoiar a avaliação de sustentabilidade ambiental a partir da abordagem estratégica. Estudar o papel deste componente e suas interfaces com outros componentes na avaliação da sustentabilidade.
	EESC/USP	Aldo Roberto Ometto	Análise do Ciclo de Vida – ACV	O objetivo é discutir a ferramenta de Análise do Ciclo de Vida para o contexto da metodologia AISE aplicada ao etanol de cana-de-açúcar.
	EMBRAPA	Ana Paula Turetta; Heitor L. C. Coutinho; Kátia Regina de Jesus; Margareth Simões	Avaliação de Impactos da sustentabilidade	A estrutura da ferramenta de Avaliação de Impacto da Sustentabilidade (SIAT), em desenvolvimento pela Embrapa por meio do projeto SENSOR (extensão), será testada usando dados do Estado de São Paulo (indicadores sociais, econômicos, ambientais e mudança no uso da terra relacionada à variáveis políticas e direcionamentos). Funções de resposta para direcionamento de políticas serão derivadas da demanda de área disponível da expansão de cana-de-açúcar pelas instituições oficiais. Indicadores de funções serão adquiridos da análise de correlação entre as taxas de alteração do uso dos solos e os valores dos indicadores associados dos últimos 10-20 anos. As atividades serão desenvolvidas com interação contínua com dois parceiros europeus do projeto SENSOR, ZALF (Alemanha), e Alterra (Holanda).
	Universidade de Michigan	Carmen Lemos	Sistema de resiliência	Estudar a capacidade institucional e da sociedade para lidar com a política de expansão da cana-de-açúcar, em termos da construção de sustentabilidade.
	EESC/USP	Eduardo Mario Mendiondo	Modelagem sistêmica	Dar suporte ao grupo com os fundamentos de modelagem aplicada para Metodologia AIS.

A VISÃO E O PAPEL DO SETOR GOVERNAMENTAL NA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DO ETANOL

RICARDO VIEGAS
Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

O Projeto Ambiental Estratégico Etanol Verde foi criado com o objetivo principal de reduzir o tempo de utilização da prática da queima da palha de cana-de-açúcar, baseada na Lei Estadual 11.241 de 2002, que estabelece o final da utilização da queima para 2021 em áreas mecanizáveis e 2031 em áreas não mecanizáveis. Um acordo inédito entre o Governo do Estado de São Paulo e o setor sucroalcooleiro foi firmado por meio de um Protocolo Agroambiental de caráter voluntário onde se estabeleceu a antecipação do final da utilização da queima em 2014 para áreas mecanizáveis e 2017 para áreas não mecanizáveis. É importante ressaltar que o avanço da colheita crua acima das porcentagens estabelecidas pela Lei Estadual 11.241/02 contribuiu para redução de emissão de poluentes atmosféricos e, assim, no combate as mudanças climáticas.

O Protocolo Agroambiental não se restringiu apenas a questão da queima da palha da cana-de-açúcar, e ampliou seu escopo para outras questões importantes como a mata ciliar, um componente importante para a recuperação da cobertura vegetal do Estado de São Paulo. Uma grande área de mata ciliar está comprometida por parte das unidades agroindustriais e associações de fornecedores para proteção e recuperação .

Outra ação do Governo de Estado de SP foi a elaboração do Zoneamento Agroambiental (ZAA) e teve como principal objetivo disciplinar a expansão e ocupação do solo por parte do setor sucroalcooleiro, assim como subsidiar a criação de políticas públicas. O ZAA também vem sendo utilizado por empreendedores para planejar seus planos de negócio em suas expansões e foi utilizado como base para elaboração da Resolução SMA nº 88 de 18 de dezembro de 2008, que dispõe sobre as diretrizes para licenciamento ambiental, criando condições para maior sustentabilidade no setor sucroalcooleiro.

Nestes três anos do Projeto Etanol Verde a principal meta está sendo cumprida: redução da queima da palha da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

Projeto Etanol Verde
Departamento de Desenvolvimento Sustentável
Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais
Secretaria de Estado do Meio Ambiente

PESQUISA E SUSTENTABILIDADE DA EXPANSÃO CANAVIEIRA ATUAL - UMA CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DA DINÂMICA ESPACIAL: O CASO DE GOIÁS

SELMA SIMÕES DE CASTRO
KLAUS ABDALA
VONEDIRCE BORGES
ADRIANA A.SILVA
Universidade Federal de Goiás-UFG/ Instituto de Estudos Sócio-Ambientais-IESA /Laboratório de Geomorfologia e Geografia Física -LABOGEF
selma@iesa.ufg.br

Palavras-chave: expansão da cana-de-açúcar, estado de Goiás, dinâmica espacial, impactos, sustentabilidade.

O estado de Goiás, no Cerrado, apresenta terras favoráveis à agricultura intensiva e à pecuária, desde que bem manejadas, o que o levou, desde o século passado, a ser incorporado ao sistema produtivo nacional, através das *commodities* para a exportação, à época em acordo com as políticas da expansão da nova fronteira agrícola.

Desde 2004 uma nova transformação vem ocorrendo, a expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar, devido aumento das demandas mundiais por combustíveis de fontes renováveis, somadas ao potencial do país, tanto edafoclimático como tecnológico, herdado da fase anterior do Proálcool, e potencializado pelos atuais veículos flex, dentre outros.

O número de usinas no estado triplicou entre 2004 e 2009, contam com programa de incentivo do governo estadual e podem aumentar ainda mais até 2012. Concentram-se na Mesorregião Sul Goiano, onde a aptidão a essa cultura é média, segundo zoneamento da Embrapa em 2009, demandando manejo altamente tecnificado, além também da logística disponível, já projetada. Essa aptidão ocorre tanto em áreas hoje com agricultura, como com pastagem, o que pode implicar em impactos e riscos para a sustentabilidade do estado.

Pesquisas desenvolvidas no LABOGEF permitiram apreender a dinâmica espacial dessa expansão e fornecer elementos para a avaliação da sustentabilidade, cujos resultados são aqui apresentados e enfatizam a relação entre a aptidão e o uso do solo.

Os estudos revelaram que as usinas se distribuem, grosso modo, segundo os principais eixos rodoviários do estado, que cortam as principais áreas agrícolas, já consolidadas após desmatamento e conversão aos grãos e gado durante a fronteira agrícola relatada. E ainda que se destacam as microrregiões do rio Meia Ponte (MRMP) e de Quirinópolis (MRQ), onde a cana está substituindo as áreas agrícolas, em particular de soja, além das pastagens. Some-se a isso o fato de que na primeira as pastagens vêm sendo convertidas aos grãos, fazendo supor que os sojicultores estão sendo realocados na mesma microrregião e não que as pastagens estariam

cedendo à cana, por estarem diminuindo, como tem sido freqüentemente interpretado. Na segunda, as áreas de pastagem também estão sendo convertidas em cana, mas após a diminuição de oferta de áreas antes com soja, contudo os agricultores e pecuaristas não estariam permanecendo na mesma microrregião. Trata-se de áreas com reconhecida suscetibilidade à contaminação de solos e recursos hídricos, incluindo aqüíferos, nas suas áreas de recarga, onde se encontram os solos mais aptos, e erosão/arenização/assoreamento nas áreas rebaixadas do seu entorno, de solos mais frágeis.

A cana pode tanto mitigar, como potencializar ou gerar novos impactos ambientais, sejam diretos, nas áreas com cana, sejam indiretos, no interior ou no exterior das microrregiões, inclusive fora do estado, como na Amazônia.

Conclui-se que ainda há terras para expansão de cana no estado e necessidade urgente de avaliação integrada visando a sustentabilidade, tanto das áreas de expansão, como fora delas, para onde estão se deslocando os produtores não canavieiros.

ETANOL E QUALIDADE DO AR

Prof. Dr. JOÃO VICENTE DE ASSUNÇÃO
Departamento de Saúde Ambiental - Faculdade de Saúde Pública da USP

A qualidade do ar nas cidades brasileiras, e também em muitos outros países, está cada vez mais dependente das emissões de veículos automotores. Essa frota de veículos lança na atmosfera milhões de toneladas de poluentes todos os dias. Entre os principais e mais conhecidos poluentes estão o material particulado, o monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO2), os óxidos de nitrogênio (NOx) e os hidrocarbonetos. Esses poluentes já estão regulamentados pelo Proconve - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores, lançado pelo governo federal em 1986.

A introdução do carro a álcool no final da década de 1970, através do Programa Pró-Álcool, transformou o Brasil num país com matriz energética veicular diferençada. Inicialmente essa introdução já provocou um efeito positivo na emissão de pelo menos três desses quatro poluentes ou conjunto de poluentes gasosos (CO, HC e NOx) (Nefussi et al, 1981; Cetesb, 2009). Ao longo da evolução do Proconve essa diferença foi se reduzindo em função da introdução de sistemas de tratamento de emissões (Cetesb, 2009)

A preocupação mais recente com substâncias tóxicas não regulamentadas também focaliza a frota de veículos automotores face à sua importância na qualidade do ar da atmosfera urbana conforme já mencionado. Felizmente o etanol também trouxe vantagens nesse aspecto, conforme estudos feitos por Abrantes R et al (2009) e Silva MF et al (2010). Dentre essas substâncias tóxicas estão o material particulado de granulometria fina, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e os metais.

A redução na emissão do escapamento contudo contrasta com emissões no campo principalmente das queimadas que têm sido consideradas como fator agravante da qualidade do ar em cidades com cultura de cana-de-açúcar. A crescente mecanização da colheita tem reduzido esse impacto negativo.

REFERÊNCIAS

Silva MF; de Assunção JV; Andrade MF; Pesquero CR. Characterization of metal and trace element contents of particulate matter (PM10) emitted by vehicles running on Brazilian fuels. Journal of Toxicology and Environmental Health (accepted Jan 2010).

Abrantes R; De Assunção JV; Pesquero CR; Bruns R; Nobrega RP. Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons from gasohol and ethanol vehicles. Atmospheric Environment, v. 43, p. 648-654, 2009.

Nefussi N; De Assunção JV; Toledo MP; Castelli AS. Comparação entre emissões de poluentes de veículos a álcool e a gasolina. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, XI, Fortaleza, set 20-25 –1981.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2008. Relatório técnico. São Paulo: 2009

EMPREGO E RENDA NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

VALQUÍRIA DA SILVA
SÉRGIO ALVES TORQUATO
JOSÉ EDUARDO VEIGA
DANTON LEONEL DE CAMARGO BINI
KÁTIA NACHILUK
Instituto de Economia Agrícola - IEA

A grande vantagem brasileira na produção do etanol é a disponibilidade de terras, a liquidez abundante de capitais e uma indiscutível competência tecnológica desenvolvida desde a implantação do Pró-álcool, mas fundamentalmente há que construir um projeto social para a condução do processo de tal forma que a lógica do lucro não faça da agenda sustentável que se propõe uma fonte adicional de desequilíbrios.

Se a proposta maior, que partiu do próprio setor sucroalcooleiro, é investir (em estudos e tecnologia) para fazer da cana um produto plenamente identificado à sustentabilidade, então deve-se, de antemão, reforçar a idéia de que nada mais é *insustentável* do que a colheita manual deste produto. No entanto, com o fim da queimada, a qual, conforme o Protocolo Ambiental, deverá ocorrer só em 2014 (para áreas mecanizáveis) e 2017 (para as não mecanizáveis), faz-se necessário "cuidar" deste cortador de cana no sentido da máxima evolução da profissionalização do corte da cana - como sugere o Programa Cana Limpa, do SENAR/SP – e isto obriga as empresas assumirem o que foi designado como **Responsabilidade Social**, em que o âmbito do trabalho nas unidades de produção assegura respeito às pessoas, comunidades e ao meio ambiente. Nesse sentido, vale dizer que a preocupação com a qualidade de trabalho temporário, isto é, com o volante empregado no corte da cana, já aparece em vários projetos sociais no Estado de São Paulo que visam minimizar a difícil realidade destes trabalhadores. Vale dizer que neste Estado, com base na informação obtida através dos dados da PNAD de 2005, apenas 6% dos trabalhadores volantes não tinham carteira assinada.

À busca das melhores condições de trabalho na cultura da cana-de-açúcar, preponderantemente na operação da colheita, propõem-se variáveis que possam servir para fazer o raio-x constante da situação a que estão submetidos os trabalhadores, de forma a colaborar para políticas que visem melhorar a sua qualidade do trabalho e de vida – não desprezando a lógica inovativa que ocorre em toda a atividade agrícola da cana e que pressupõe o aprofundamento da mecanização em todas as atividades do ciclo produtivo e que considere a falta de qualificação da maior parte da população de cortadores, fator este que dificulta sobremaneira a recolocação profissional, exigindo a criação de programas de qualificação profissional para a transferência dos que perderam espaço no corte para outras atividades produtivas.

Abaixo, as variáveis, relevantes para mensurar de forma dinâmica a situação dos trabalhadores:

1. Grau de formalidade do emprego (segmento agrícola + segmento agroindústria): Total de trabalhadores no ano / total de trabalhadores no ano base (safra 2003/2004, referência escolhida com base no início do boom da expansão da cana e é anterior ao Protocolo Agroambiental) -> de acordo com o CAGED inclui as classificações da CNAE relativas à: cultivo da cana-de-açúcar; atividades e serviços relacionados à agricultura; usinas de açúcar; refino e moagem de açúcar; produção de álcool.
2. Indicador de Ocupação de Emprego Manual nas operações agrícolas: Somatória do nº de trabalhadores das categorias Trabalhadores Agrícolas na cultura de gramíneas e Trabalhadores Agropecuários em relação ao total de trabalhadores 05 categorias de emprego definidas pela CBO (Trabalhadores da Mecanização Agrícola; Supervisores na Exploração Agropecuária; Trabalhadores Agrícolas na Cultura de Gramíneas que na cana representam os cortadores; Trabalhadores Agropecuários em outras ocupações agrícolas que inclui a atividade de plantio, por exemplo; Demais grandes grupos que inclui ocupações não agrícolas como administração, transporte, manutenção, etc)
3. Variação no número de hectares por trabalhador: obtida pela divisão da área total de cana pelo número de trabalhadores no cultivo da cana-de-açúcar publicado pelo CAGED no ano considerado em relação ao obtido no ano anterior. Deve ser igual ou maior que 1. Isto porque, o pacote tecnológico dos sistemas de produção impõe uma relação de número de trabalhadores necessários à atividade. Assume-se que o trabalho com máquinas na atividade de campo é de melhor qualidade que o trabalho manual. Portanto, se a evolução tecnológica é poupadora de mão-de-obra, a variação esperada deverá ser igual ou maior que 1.
4. Grau de instrução dos trabalhadores: obtido pela somatória dos trabalhadores com grau de instrução de oitava série (ensino fundamental completo) ou mais em relação em relação ao total de trabalhadores. Assume-se que emprego de melhor qualidade exige melhor qualificação (formação). Definir ano base para criar referência.
5. Índice de mecanização na atividade de colheita: variação deve ser maior ou igual a 1.
6. Nº de autuações do Ministério Público. Nesse caso, a variação deve ser negativa, ou seja, variação evolutiva deverá ser menor que 1.

BALANÇO DE CARBONO NA PRODUÇÃO DE ETANOL COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE

SÉRGIO ALMEIDA PACCA
Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo - EACH/USP
SIMONE PEREIRA DE SOUZA
Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada - CRHEA/EESC/USP

Dentre os vários debates acerca da sustentabilidade dos biocombustíves o balanço líquido das emissões de carbono é o que mais tem ocupado as páginas das revistas científicas contemporâneas.

Trata-se de uma questão global que invoca a atenção de pesquisadores nos quatro cantos do mundo.

A busca por analises mais fidedignas a fim de contabilizar a real contribuição dos biocombustíveis para a mitigação da emissão de gases do efeito estufa passou pela aplicação de avaliações do ciclo de vida (ACV) e chegou a análises ainda mais inclusivas e complexas nas quais buscam-se incluir efeitos diretos e até indiretos das mudanças no uso da terra e os seus respectivos efeitos no balanço global de carbono dos biocombustíveis.

Neste trabalho, apresentamos resultados de uma análise histórica do programa do etanol brasileiro levando em consideração vários estoques e fluxos de carbono, incluindo os efeitos diretos de mudanças no uso do solo.

A análise busca também explorar novas tecnologias que possam tornar ainda mais favorável o balanço de carbono do etanol. Serão apresentados resultados de uma ACV detalhada sobre a substituição do diesel de petróleo por biocombustíveis nos tratores e máquinas utilizadas no ciclo de vida do etanol e as suas repercussões no balanço de carbono.

Outras tecnologias avaliadas são a captura do CO2 da fermentação do mosto e o aproveitamento do bagaço e da palha para geração de eletricidade e o seu uso final de forma eficiente.

SUSTENTABILIDADE DAS CADEIAS PRODUTIVAS AGRÍCOLAS

JESUS-HITZSCHKY, Kátia Regina Evaristo
Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente – Jaguariúna – SP
Email: katiareg@cnpma.embrapa.br

Palavras-chave: sustentabilidade, agricultura, cadeias produtivas.

A agricultura brasileira desempenha papel de destaque na economia, sendo responsável por grande parte da renda nacional, com potencialidade e vocação para produzir mais cereais, carnes, fibras, celulose e se tornar um grande produtor de biocombustíveis. Nesse contexto, existe uma tendência do uso mais intensivo das terras e de outros recursos naturais, aumentando o desafio da ampliação da produção de modo sustentável.

O desenvolvimento sustentável consiste em obter, de forma equânime e simultânea, a eficiência econômica com equilíbrio social e a preservação da natureza, do meio ambiente e do patrimônio cultural. O aspecto econômico para se buscar a sustentabilidade das atividades agrícolas às vezes é considerado o mais importante, mas quando se pensa a médio e longo prazos, sente-se a necessidade de um maior equilíbrio entre as dimensões. Dessa forma, a idéia de sustentabilidade de qualquer sistema de produção de alimentos, fibra e fonte energética significa prosperar, preservar o meio ambiente e ofertar melhores condições de vida para a sociedade.

De uma maneira geral, as proposições para abordagem do desenvolvimento sustentável mantêm uma linha básica de princípios que considera sustentável aquele sistema capaz de atender às demandas por bens e serviços por tempo indeterminado e com um custo social e ambiental aceitável (ALLENBY, 1999). Bossel (1999) ressalta que sustentar ou manter níveis de desenvolvimento requer a consideração das características sociais e ecológicas de uma determinada região que restringem aspirações de consumo e desenvolvimento econômico. As características sociais se referem ao nível tecnológico disponível em um dado tempo e lugar, ao nível educacional da população, assim como aos valores éticos próprios de uma sociedade, enquanto as ecológicas se referem à disponibilidade limitada de recursos naturais e a capacidade de suporte dos ecossistemas de absorverem as emissões oriundas das atividades humanas.

A complexidade do tema sustentabilidade, associada ao atual estágio em que se encontram as teorias relacionadas com o assunto, são fatores que contribuem para a dificuldade de se conceber um conceito que consiga atender e hierarquizar a plenitude dos aspectos e parâmetros envolvidos na sustentabilidade de sistemas de produção agrícolas.

Apesar das dificuldades, em todo estudo de desenvolvimento sustentável é fundamental determinar um conceito de sustentabilidade, pois de acordo com Hardi e Zdan (1997)

é essencial atender ao primeiro princípio de Bellagio, que diz que para estudar a sustentabilidade de um sistema é necessário estabelecer um conceito, pois só assim é possível definir de forma clara os objetivos a serem perseguidos e monitorados.

Nesse sentido, diversos modelos de avaliação da sustentabilidade considerando aspectos socioeconômicos e ambientais vem sendo propostos, com foco geral ou específico na agricultura, cada qual voltado para um público-alvo específico, com escopos e escalas espaciais diferenciados, baseados em conceitos próprios de desenvolvimento sustentável e em indicadores variados, com métodos distintos de normalização e agregação de dados. O sistema de indicadores ambientais proposto pela OECD no modelo Pressão-Estado-Resposta e os métodos Barômetro Ambiental Alemão, Índice de Poupança Genuína do Banco Mundial e a Pegada Ecológica utilizam diferentes indicadores socioeconômicos e ambientais na avaliação da sustentabilidade de uma região (OECD, 1993, 2002a, 2002b). No âmbito da agricultura brasileira, destacam-se os modelos APOIA-Novo Rural (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003), voltado para avaliação da sustentabilidade de propriedades agrícolas, o Índice de Sustentabilidade Ambiental Agrícola - ISAGRO (SILVA, 2007) voltado para avaliação de propriedades ou regiões e o Método de Percepção da Sustentabilidade de Sistemas de Produção de Arroz de Terras Altas – MPSAT (FERREIRA, 2008), voltado para avaliação do sistema de produção de arroz, considerando a cadeia produtiva. A pesquisa agropecuária conta ainda com os modelos Ambitec (RODRIGES, CAMPANHOLA E KITAMURA, 2003), Ambitec-Ciclo de Vida (FIGUEIREDO, 2008) e Inova-tec System (JESUS-HITZSCHKY, 2007) que buscam avaliar a sustentabilidade de inovações agroindustriais em diferentes etapas do processo de inovação, utilizando sistemas diferenciados de indicadores ambientais.

Buscando contribuir para a discussão sobre sustentabilidade na agricultura brasileira, o Ministério do Meio Ambiente, no documento “Agricultura Sustentável”, estabeleceu as bases para uma prática agrícola sustentável. Esse documento, que integra a Agenda 21 brasileira (MMA, 2000), relaciona a agricultura sustentável à adoção de um sistema produtivo que garanta: “a manutenção, a longo prazo, dos recursos naturais e da produtividade agrícola; o mínimo de impactos adversos ao meio ambiente; retorno adequado aos produtores; otimização da produção com o mínimo de insumos externos; satisfação das necessidades humanas de alimentos e renda; atendimento às demandas sociais das famílias e das comunidades rurais” (MMA, 2000).

A sustentabilidade social, ambiental e econômica passou a ser especificação do produto. Um exemplo disso é a moratória da soja (não comercialização de grãos de soja produzidos em áreas agrícolas dentro do Bioma Amazônico, desmatadas após a data de 24 de Julho de 2006, pelo período de dois anos) é uma iniciativa que sinaliza a necessidade de planejar e controlar adequadamente a utilização das terras do Bioma Amazônico com objetivos produtivos,

e busca valorizar o produtor rural que trabalha de acordo com a lei e é consciente do seu papel como fornecedor de alimentos a partir de uma área ambiental de alta sensibilidade (SAN JUAN, 2008).

Desse modo, a sustentabilidade representa hoje uma demanda dos clientes de cada fase da cadeia produtiva que se preocupam com a origem dos produtos que compram, mostrando que todos estão integrados nessa responsabilidade.

Outro exemplo da importância da sustentabilidade, agora do ponto de vista social, ainda na cadeia produtiva da soja, refere-se ao Pacto Nacional pela Erradicação do Trabalho Escravo (lançado em 2005 pela Organização Internacional do Trabalho, o Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade e pela ONG Repórter Brasil) no qual todos os participantes do pacto se comprometeram a não mais adquirir produtos de sojicultores que, comprovadamente, se utilizam de mão-de-obra escrava. Embora o Pacto não seja responsável pelas apreensões ou investigações sobre estes casos, mas sim o Ministério Público, o bloqueio de créditos a esses produtores tem surtido um efeito real: a diminuição do número de trabalhadores escravos em geral (SAN JUAN, 2008). A luta contra o trabalho escravo no País não é somente uma questão humanista. Trata-se também da idoneidade do setor privado brasileiro, que se reflete não apenas aos consumidores mais conscientes como também em acordos internacionais.

Esses direcionamentos devem subsidiar as discussões sobre o desenvolvimento de indicadores de avaliação da sustentabilidade na agricultura, devendo, entretanto, ser refinados ou mesmo ampliados de forma a abordar as discussões atuais sobre o tema.

Indicadores são instrumentos usados para avaliar uma determinada realidade levando-se em conta variáveis pertinentes para sua composição. Além da avaliação, o uso de indicadores permite medir e monitorar aspectos da realidade.

A busca por novos indicadores que possibilitem as empresas, governos e pessoas a enxergarem o mundo de modo mais integrado e consciente se faz necessária para que se avalie concretamente a importância e consequência de algumas atividades. Esta construção pode representar a base para decisões políticas e criação de estratégias empresariais e de governo condizentes com o estado atual do mundo, de escassez e insustentabilidade. As dificuldades para a criação desses indicadores passam por parâmetros de conceituação, implementação e monitoramento de um sistema local, nacional ou internacional. É consenso que uma política de desenvolvimento sustentável não seja possível sem indicadores (LOUETTE, 2007).

A previsão e acompanhamento dos indicadores de sustentabilidade têm sido preconizados desde a introdução do conceito pelos formuladores de políticas públicas, pesquisadores e produtores. Dessa maneira, existe uma demanda crescente de metodologias que

permitam uma análise dedicada e integrada para as dimensões consideradas, de modo a responder os questionamentos da sociedade de maneira geral.

Como um indicador é utilizado para atingir diversos objetivos, é necessário definir um critério geral para selecionar indicadores e validar sua escolha. A OECD (1993) estabelece três critérios para selecionar indicadores ambientais: relevância política e utilidade para usuários, solidez analítica e mensurabilidade.

O *U.S. Government Accountability Office*, 2004 (U.S. Government Accountability Office *apud* HAYWARD, 2005), por sua vez, define indicadores ambientais como "aqueles que monitoram mudanças para qualidade e condição do ar, água, solo, ecossistemas em várias escalas geográficas e relacionados com a saúde humana e condições econômicas." Os indicadores ambientais podem ser primários ou secundários (BROWN et al., 2004), sendo definidos e caracterizados de acordo com o área do conhecimento em que está inserido.

Um aspecto importante é a impossibilidade de determinar a sustentabilidade de um sistema considerando apenas um indicador, ou indicadores que se referem a apenas um aspecto do sistema. A sustentabilidade é determinada por um conjunto de fatores (econômicos, sociais, ambientais, entre outros) que devem ser contemplados. Dessa forma, ao se avaliar a sustentabilidade, deve-se usar sempre um conjunto de indicadores (BOUNI, 1996). Quantidade de indicadores que formarão o conjunto e os fatores a serem considerados como prioritários são aspectos que devem ser determinados pelos princípios de sustentabilidade que estão na base do processo (MARZALL, 1999).

Geralmente a avaliação tem por objetivo caracterizar e acompanhar um dado sistema, permitindo (i) quantificar fenômenos complexos; (ii) simplificar mecanismos e lógicas atuantes na área considerada; (iii) determinar como as ações humanas afetam seu entorno; (iv) alertar para as situações de risco e conseqüente mobilização dos atores envolvidos; (v) prever situações futuras; e (vi) informar e guiar decisões políticas (BENBROOK; MALLINCKODT, 1994; BOUNI, 1996; CLAIN, 1997).

Desse modo, as instituições brasileiras têm direcionado esforços para identificar e sistematizar os indicadores que sejam representativos da sustentabilidade.

Destaque especial deve ser dado para o projeto "Desenvolvimento de metodologias para definição e monitoramento de indicadores de sustentabilidade em agroecossitemas" que culminou na publicação do livro 'Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossitemas' no qual a equipe da Embrapa Meio Ambiente sumariza os indicadores levantados, fornecendo tanto uma abordagem teórica sobre o tema, quanto prática, com base nos resultados obtidos no estudo de caso de uma microbacia hidrográfica, em Sumaré, SP (MARQUES; SKORUPA; FERRAZ, 2003).

Do mesmo modo deve ser reconhecida a iniciativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) iniciada em 2002 com a série "Indicadores de desenvolvimento sustentável", publicação atualizada em 2004 e mais recentemente em 2008. Essas publicações têm por objetivo disponibilizar um sistema de informações para o acompanhamento da sustentabilidade do padrão de desenvolvimento do País. A publicação relativa a 2002 (IBGE, 2002) constituiu um ponto de partida. Lançou um trabalho pioneiro de elaboração dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para o Brasil e promoveu o intercâmbio de idéias. A edição de 2004 (IBGE, 2004) ampliou e aprimorou o rol de indicadores, bem como sua estruturação, e a edição atual, busca atualizar os indicadores já publicados reafirmando os objetivos então estabelecidos.

A edição de 2008 (IBGE, 2008), dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, representam uma importante contribuição aos tomadores de decisões ao apresentar, periodicamente, um panorama abrangente dos principais temas relacionados ao desenvolvimento sustentável no Brasil.

O trabalho de construção de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável do Brasil, pelo IBGE, é inspirado no movimento internacional liderado pela Comissão para o Desenvolvimento Sustentável – CDS, das Nações Unidas (*Commission on Sustainable Development – CSD*), que reuniu governos nacionais, instituições acadêmicas, organizações não-governamentais, organizações do sistema das Nações Unidas e especialistas de todo o mundo.

Este movimento, deflagrado a partir de 1992, iniciou um programa de trabalho composto por diversos estudos e intercâmbios de informações, para concretizar as disposições dos capítulos 8 e 40 da Agenda 21 que tratam da relação entre meio ambiente, desenvolvimento sustentável e informações para a tomada de decisões. Em 1996, a CDS publicou o documento *Indicators of sustainable development: framework and methodologies* (UNITED NATIONS, 1996; 2001) conhecido como "Livro Azul". Este documento apresentou um conjunto de 134 indicadores, posteriormente reduzidos em uma lista de 57 indicadores apresentada no ano 2000 e consolidada como recomendação da CDS, em 2001, com a divulgação das fichas metodológicas e diretrizes para sua utilização. O projeto do IBGE adotou como referência as recomendações de 2001, adaptando seu conteúdo às particularidades brasileiras. No caso brasileiro, ao desafio de construir indicadores capazes de caracterizar e subsidiar o processo de desenvolvimento sustentável em nível nacional soma-se à exigência de expressar a diversidade característica do País.

Portanto, o desenvolvimento de indicadores com o objetivo de avaliar a sustentabilidade de um sistema, monitorando-o, poderá permitir avanços efetivos para o alcance da sustentabilidade de sistemas produtivos agrícolas.

REFERÊNCIAS

ALLENBY, B. R. **Industrial ecology**: policy framework and implementation. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 307 p.

BOSSEL, H. **Indicators for sustainable development**: theory, method and applications. Canada: IISD, 1999.

BENBROOK, C.; MALLINCKODT, F. **Indicators os sustainability in the food and fiber sector**. London: TDG, 1994. Disponível em: <http://www.tdg.eu.com>.

BOUNI, C. Indicateurs de développement durable: l'enjeu d'organiser une information hétérogène pour préparer une décision multicritère. In: COLLOQUE INTERNATIONAL SUR INDICATEURS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE, 1996, Abbay de Fontevraud. **Annales**... [S.l.: s.n.], 1996.

BRASIL. MAPA. **Estatísticas**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,969647&_dad=portal&_schema=PORTAL>. Acesso em: 04 nov. 2009.

BROWN, J.; GREEN, K.; HANSEN, S.; FREDRICKSEN, L. **Environmental indicators**. 6. ed. [S.l.]: The Fraser Institute, 2004.

CLAIN, N. **Les indicateurs de développement durable en agriculture, aspects écologiques et environnementaux**. Paris: Université de Paris 7, 1997. 101p. Relatório de estágio.

FERREIRA, C. M. **Fundamentos para implantação e avaliação da produção sustentável de grãos**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 228 p.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. **Modelo de avaliação do desempenho ambiental de inovações tecnológicas agroindustriais, considerando o conceito de ciclo de vida e a vulnerabilidade ambiental**: Ambitec-Ciclo de Vida. 2008. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza.

HARDI, P.; ZDAN, T. **Assessing sustainable development**: principles in practice. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development, 1997. 116 p.

HAYWARD, S. F. **Index of leading environmental indicators**. 10. ed. [S.l.]: Pacific Research Institute, 2005.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil 2002. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 195 p. (Estudos e Pesquisas. Informação Geográfica, n. 2).

IBGE. **Indicadores IBGE**: contas nacionais trimestrais: indicadores de volume e valores correntes outubro/dezembro 2003. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/pub/>. Acesso em: maio 2004.

IBGE. **Recursos naturais**. 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default.shtm?c=1>. Acesso em: nov. 2008.

JESUS-HITZSCHKY, K. R. E. Impact assessment system for technological innovation: INOVA-tec System. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 2, p. 67- 82, 2007.

LOUETTE, A. **Compêndio para sustentabilidade**: ferramenta de gestão de responsabilidade socioambiental. São Paulo: Antakarana Cultura Arte Ciência: Willis Harman House, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Agricultura Sustentável. BEZERRA, M. C. L. e VEIGA, J. E. (Org.). Brasília: MMA, 2000, 57p.

MARQUES, J.F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J.M.G (Ed.). **Indicadores de sustentabilidade em agroecossitemas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 281 p.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. 1999. 212 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD).. **Environmental indicators**. Paris, 1993. (OECD Core Set of Indicators For Environmental Performance Reviews. Environment Monographs, 83).

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Aggregated environmental indices**: review of aggregation methodologies in use. Paris, 2002a.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Rumo a um desenvolvimento sustentável**: indicadores ambientais. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2002b. (Cadernos de Referência Ambiental, 9).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental de atividades do novo rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária**: AMBITEC-AGRO. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 34).

SAN JUAN, M. **Para entender a moratória da soja**: o cultivo responsável. [São Paulo]: ABIOVE: Horizonte, [2008]. 27 p.

SILVA, L. F. **A construção de um índice de sustentabilidade ambiental agrícola (ISAGRO)**: uma proposta metodológica. 2007. Tese (Doutorado) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas.

UNITED NATIONS. **Indicators of sustainable development**: framework and methodologies. New York: United Nations, 1996. 428 p.

UNITED NATIONS. **Indicators of sustainable development**: guidelines and methodologies, 2001. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, [2001]. Disponível em: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/ indisd/indisd-mg2001.pdf>. Acesso em: jan. 2002.

FERRAMENTAS PARA A SUSTENTABILIDADE: CARACTERIZANDO A BIOCONVERSÃO DO ETANOL ATRAVÉS DE TÉCNICAS ÓPTICAS AVANÇADAS

ESTEVAM-ALVES, Regina
Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais
Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo (IFSC/USP)
Email: estevam.regina@gmail.com

OLZON-DIONYSIO, Danilo
Mestrando em Física Aplicada
Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo (IFSC/USP)
Email: dolzon@gmail.com

CATANDI, Patrícia Bongiovanni
Graduando Bacharelado em Física
Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo (IFSC/USP)
Email: patriciabcatandi@gmail.com

POLIKARPOV, Igor
Professor Doutor
Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo (IFSC/USP)
Email: ipolikarpov@ifsc.usp.br

GUIMARÃES, Francisco Eduardo Gontijo
Professor Doutor
Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo (IFSC/USP)
Email: guimarae@ifsc.usp.br

Palavras-chave: Sustentabilidade, bioetanol, caracterização, pré-tratamento, hidrólise.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o mundo consome 85 milhões barris de petróleo por dia, com previsões de que a demanda por combustíveis líquidos vai aumentar para 107 milhões de barris até 2030 (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2009). Esse grande consumo de combustível fóssil pode provocar nas próximas décadas um esgotamento no fornecimento de energia no mundo. Entende-se, então, a importância em se investir na utilização de outros tipos de energia (LIN e TANAKA, 2006).

Uma alternativa para solucionar a grande demanda por combustível líquido é a utilização de energia de biomassa, que é vista como uma fonte de energia interessante por diversos motivos. O principal deles é devido a uma crescente percepção de que a bioenergia é uma das principais alternativas para redução dos impactos das mudanças climáticas causados pelas emissões de gases de efeito estufa no setor de transporte (SOLOMON et al, 2007), uma vez que a produção fotossintética da biomassa retira da atmosfera a mesma quantidade de CO_2 que é devolvido após a combustão de etanol e resíduos do processo (LYND et al, 1996). Outro motivo,

é que a energia da biomassa pode ter uma contribuição positiva em terras degradadas pela adição de matéria orgânica ao solo (HOOGWIJKA, et al, 2003). Mas, além da preservação ambiental, a bioenergia tem também como pressuposto, o desenvolvimento sustentável, já que o aproveitamento energético e racional da biomassa tende a promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente, através da geração de empregos, diminuindo o problema do êxodo rural e a dependência externa de energia, em função da sua disponibilidade local.

Neste sentido, uma das conquistas mais imediatas e importantes de se fazer é a fermentação do etanol de biomassa, o qual é de especial interesse para o Brasil, uma vez que dispõe de solo, espaço e clima propícios para o cultivo de cana-de-açúcar. Neste contexto, surge o etanol de segunda geração, que é gerado pelo processamento do bagaço da cana-de-açúcar e pela palha, resíduos pouco utilizados pelas usinas de produção de álcool. A utilização destes rejeitos pode aumentar consideravelmente a produção de bioetanol sem aumentar a área plantada, elevando e otimizando a produtividade do processo já existente. Além de evitar a expansão agrícola em áreas de floresta nativa e sem ocupar terras cultiváveis que poderiam ser utilizadas na produção de alimento.

EXPERIMENTAL

As fibras de bagaço de cana-de-açúcar a serem estudadas estão sendo produzidas em colaboração com Centro de Processos Biológicos e Industriais para Bicombustíveis (CeProBIO). Como ainda não foi realizada a hidrólise de tais fibras, fibras de eucalipto estão sendo usadas para o estudo, pois a metodologia a ser empregada em ambas é semelhante.

Neste trabalho, as fibras estudadas sofreram tratamento de deslignificação com a enzima Xilanase e tratamento ácido, como mostrado na Tabela 1 com uma numeração específica.

Amostra	Tipo de Tratamento
4638	Sem tratamento
4399	Ácido
4806	Ácido + Enzima
4802	Enzima
4808	Enzima + Ácido

Tabela 1: Amostras utilizadas na caracterização óptica e os processos de pré-tratamento aos quais foram submetidas

A caracterização óptica exige material homogêneo e para isso desenvolvemos uma metodologia para depositar filmes finos das fibras de celulose. As fibras de celulose foram

dispersas em solução aquosa contendo o sulfactante dodecilbenzeno sulfonato de sódio (DBS), que permite uma dispersão mais homogênea das fibras. Estas foram depositadas por decantação sob lâminas de BK7, as quais se encontravam dentro de um béquer e após cerca de 5 minutos, com o uso de uma pipeta, foi retirada toda a solução, deixando permanecer sob as lâminas apenas uma fina camada de celulose. Posteriormente foi realizada a secagem dos filmes em jato de N2.

É importante caracterizar a estrutura celulósica em uma ampla faixa de etapas durante o tratamento. Para isso, é interessante manter a qualidade e resolução das imagens ópticas por fluorescência com outro material, pois a lignina é modificada durante os processos e perdemos em parte as suas propriedades de emissão. Sendo assim, foi feita a incorporação do polímero luminescente poli(cloreto de tetraidrotiofeno de xililideno) (PTHT), que é um polieletrólito solúvel em água. O PTHT é um co-polímero contendo segmentos conjugados de Polivinil vinileno (PPV) que é a unidade emissora de luz.

ESPECTROSCOPIA E MICROSCOPIA DE FLUORESCÊNCIA

Para caracterização das propriedades ópticas da polpa celulósica foi realizada medidas de Excitação e Emissão das cinco amostras de celuloses (4638, 4399, 4802, 4806, 4808) através de um espectrofluorímetro (Shimadzu RF-5301 PC) equipado com uma lâmpada de Xe. Também foram feitas imagens de Fluorescência. Utilizou-se um Microscópio de Fluorescência Confocal Leica modelo TCS-SP5 AOBS com os seguintes lasers disponíveis: diodo (405 nm), argônio (várias linhas: 458, 476, 488, 496 e 514 nm), HeNe 543 nm, HeNe 594 nm e HeNe 633 nm. Para excitar as amostras, utilizou-se a linha 405 nm de um laser de diodo de estado sólido. As imagens foram editadas com o auxilio do software LAS- AF (Leica Application Suite Advanced Fluorescence).

RESULTADOS

A Figura 1 compara espectros de fluorescência das fibras na região espectral de emissão da lignina após sofrerem os tratamentos de deslignificação acima. Pode-se ver que uma banda aparece em torno de 370 nm e a intensidade da fluorescência aumenta com os tratamentos. Além disso, existe uma correlação oposta dessas propriedades de emissão com o tratamento de deslignificação: maior tratamento corresponde a maior luminescência. Este aumento pode estar associado com a eliminação de agregados moleculares de lignina (banda em torno de 450 nm) na fibra, que leva à supressão dos processos de luminescência. A diminuição dos agregados pode ser vista pelo decréscimo da banda em 450 nm em comparação com a banda em 370 nm.

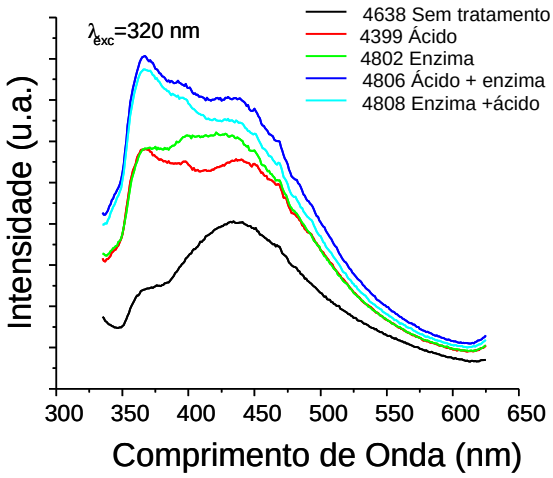


Figura 1 – Espectros de Luminescência (PL) das fibras de celulose para diferentes tratamentos.

A Figura 2 compara perfis de intensidade da luminescência (ao longo de uma linha) obtidos de imagens em altíssima resolução (à direita) para fibras contendo PTHT apenas na parede externa (acima), na parede externa e na interna (meio) e sem PTHT (abaixo), ou seja, possui apenas emissão da lignina. O detalhe da estrutura de uma fibra de celulose de eucalipto contendo PTHT e a linha de medida é mostrado através de um corte confocal na Figura 3.

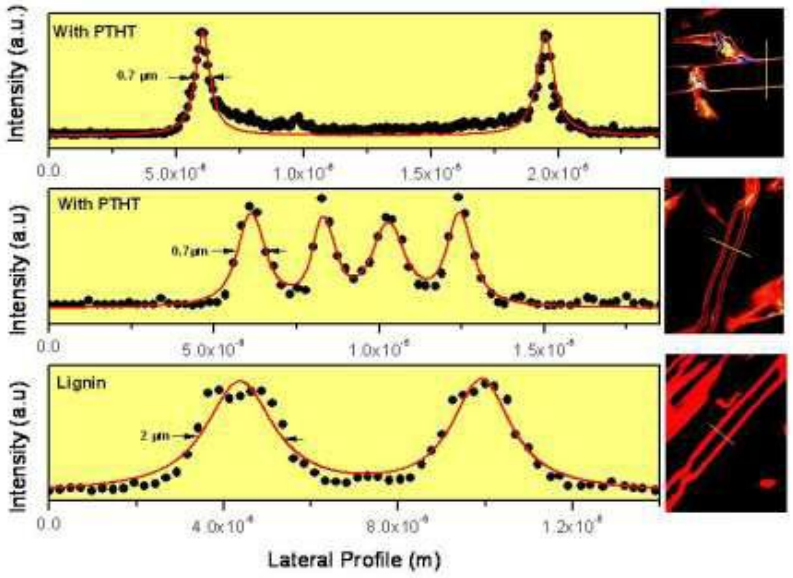


Figura 1 – a) Comparação entre perfis de intensidade da luminescência sobre a linha amarela obtidos de imagens em altíssima resolução (à direita) para fibras contendo PTHT apenas na parede externa (acima), tanto na parede externa como interna (meio) e sem PTHT (abaixo, apenas emissão da lignina).

Pode-se ver novamente pelos picos de intensidade de luminescência que o PTHT é incorporado uniformemente nas paredes externas e internas das fibras. Estes perfis de

intensidade permitem quantificar a espessura da parede da fibra com maior precisão e mensurar os efeitos de tratamentos com detalhes. Como exemplo, a Tabela 2 mostra os valores da espessura média da parede das fibras para vários tratamentos. Pode-se ver que os tratamentos ácido e enzimático produzem um estreitamento das paredes das fibras.

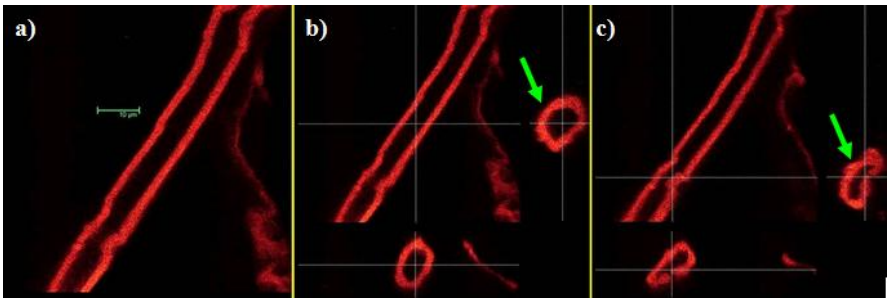


Figura 3 - Imagem de Microscópio de Fluorescência Confocal: a) fibra de celulose; b) corte transversal da fibra de celulose; c) corte transversal da fibra de celulose na região do nó.

AMOSTRA	MÉDIA DA MEDIDA DA ESPESSURA DAS PAREDES DAS FIBRAS (µm)	TIPO DE TRATAMENTO
4638	2,5	SEM TRATAMENTO
4399	2,1	ÁCIDO
4806	1,9	ÁCIDO + ENZIMA
4802	2,4	ENZIMA
4808	2,3	ENZIMA+ÁCIDO

Tabela 2 – Média da espessura da parede das fibras de celulose de eucalipto na presença de PTHT.

CONCLUSÃO

A pré-análise utilizando fibras de eucalipto mostra que o emprego de Espectroscopia e Microscopia para a caracterização de fibras de celulose é bastante promissor. O uso de marcadores fluorescentes, como por exemplo, o PTHT, mostrou ser bastante útil para a observação das fibras, possibilitando a visualização de diversas estruturas celulósicas e alterações provocadas por tratamentos enzimáticos. Utilizando um Microscópio de Fluorescência Confocal foi possível determinar a espessura de algumas fibras de celulose e concluir que houve uma diminuição dessas devido ao pré-tratamento utilizado, sendo o ácido o mais agressivo à estrutura celular. Para tanto, é fundamental a utilização de técnicas como a de Microscopia de Fluorescência Confocal na caracterização das mudanças estruturais e na eficiência dos processos que regem a bioconversão do bagaço da cana-de-açúcar em etanol de segunda geração.

Os métodos ópticos permitem que entendamos como o processo de hidrólise e fermentação ocorrem. Capacitando-nos assim a aprimorar estes métodos de conversão da biomassa em etanol e também a escolher qual o mais adequado, correlacionando; custo, rendimento e impacto ambiental. Com isso, teremos um maior aproveitameto do ciclo do carbono em função da área cultivada, permitindo que mais um importante passo seja dado no sentido da sustentabilidade, aproveitando de forma mais eficiente o potencial energético que essa matéria-prima nos oferece.

REFERÊNCIAS

HOOGWIJKA, M. et al. **Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy. Biomass and Bioenergy**, v. 25, n. 2, p. 119 – 133, 2003.

LIN, Y. e TANAKA, S. **Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects**. Applied Microbiology and biotechnology, v. 69, n.6, p. 627-642, 2006.

LYND, L. R et all. **Overview and evaluation of fuel ethanol from cellulosic biomass: technology, economics, the environment, and policy.** Annual Review of Energy and the Environment. v. 21. p. 403-465, 1996.

SOLOMON, B. D. et al. **Grain and cellulosic ethanol: History, economics, and energy policy**. Biomass and Bioenergy, v. 31, n. 6, p. 416–425, 2007.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Energy Information Administration Office of Integrated Analysis and Forecasting**. International Energy Outlook, 2009. Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/index.html>. Acesso em: 10 mar. 2010.

O SETOR DE BIOENERGIA E A GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS REDUZIDAS (CEAR'S)

SOLER, Fabricio Dorado
Advogado, especialista em Gestão Ambiental pela FSP/USP, pós-graduado em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético pelo IEE/USP e MBA Executivo em Infra-estrutura pela EESP/FGV.
E-mail: fs@fabriciosoler.com.br

Palavras-chave: Emissões Atmosféricas, Bacias Aéreas, Créditos de Emissões Atmosféricas (CEAR's), Câmara Paulista de Compensação de Emissões Atmosféricas (CPCEA).

INTRODUÇÃO

A expansão do setor de bioenergia tem incrementado o número de Usinas de Açúcar e Álcool e, por conseqüência, demandado maior rigor dos órgãos ambientais para o licenciamento de novas Plantas Industriais e ampliações das já existentes.

O Brasil tem hoje cerca de cinco milhões de hectares de cana-de-açúcar plantados, ou seja, 75% no Estado de São Paulo. Da área total cultivada, 80% é queimada nos seis meses de pré-colheita, o que equivale a aproximadamente 4 milhões de hectares[1]. Os problemas advindos das queimadas são objeto de constantes indagações, pois com a queima são enviadas à atmosfera partículas e gases poluentes.

No âmbito do controle da poluição advinda da expansão do setor, vale mencionar os impactos advindos da queima da palha da cana-de-açúcar. Nesse sentido, o Estado de São Paulo tem estimulado a produção sustentável de etanol por meio do respeito aos recursos naturais, controle a poluição, com responsabilidade social, e certificação de empresas do setor.

O aspecto das emissões atmosféricas é objeto do presente, tendo em vista a recente legislação paulista de gerenciamento da qualidade do ar, que possibilita que as plantas industriais do setor sucroalcooleiro, especialmente as que procederam à mecanização de suas lavouras, gerem Créditos de Emissões Atmosféricas Reduzidas (CEAR's) e comercializem estes no âmbito da Câmara Paulista de Compensação de Emissões Atmosféricas (CPCEA).

INSTRUMENTO DE COMANDO E CONTROLE E INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

As políticas públicas de gestão ambiental no Brasil são caracterizadas pela utilização de instrumentos de comando e controle (C&C), que priorizam a função do Estado em definir

[1] *Queima da cana-de-açúcar é responsável por doenças respiratórias em crianças e idosos.* Brasil festeja lucros das exportações de açúcar e álcool, mas continua ignorando os prejuízos à saúde da população e ao SUS. Sociedade Paulista de Pneumologia e Tisiologia (SPPT). Disponível: http://www.sppt.org.br/v2/noticia_completa.php?id_noticia=108. Acesso em 04 de abril de 2010, às 19h09min.

padrões de emissão e de qualidade do ar, monitorar condições ambientais e aplicar sanções quando mencionados padrões são violados.

Trata-se de instrumento autorizativo que estimula procedimentos por vezes cartoriais, sem maiores preocupações com a efetividade da qualidade do meio e a busca por uma funcionalidade econômica associada. Para tanto, busca-se implementar outros instrumentos, como os econômicos (IE), que visam superar falta de flexibilidade dos C&C e se baseiam na força do mercado e nas mudanças de preços para modificar o comportamento de atividades poluidoras. Os IEs têm finalidade não arrecadatória e os benefícios concedidos na área ambiental consistem em isenções, incentivos fiscais e estímulos financeiros, como o ITPU Ecológico, ICMS Ecológico, ou os Créditos de Emissões Atmosféricas Reduzidas (CEAR's).

POLUENTES ATMOSFÉRICOS PARA FONTES FIXAS

A Resolução CONAMA n°382, de 26 de dezembro de 2006, estabelece limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, tendo em vista a necessidade de se estabelecer base de referência nacional sobre limites de emissão e visando combater os efeitos do aumento do nível de emissões atmosféricas e da degradação da qualidade do ar, principalmente nas regiões metropolitanas, cuja qualidade do ar encontra-se mais saturada, em termos de qualidade.

O anexo III de referida Resolução aborda especificamente os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar, e dispõe que em função das características locais da área de influência da Usina de Açúcar e Álcool sobre a qualidade do ar, o órgão ambiental poderá estabelecer limites de emissão mais restritivos. Para efeito de aplicação dessa Resolução, são adotadas as seguintes definições (artigo 3°, inciso I, da Resolução CONAMA n°382/06):

"i. capacidade de suporte: a capacidade da atmosfera de uma região receber os remanescentes das fontes emissoras de forma a serem atendidos os padrões ambientais e os diversos usos dos recursos naturais;

ii. controle de emissões: procedimentos destinados à redução ou à prevenção da liberação de poluentes para a atmosfera;

iii. emissão: lançamento na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa;

iv. equipamento de controle de poluição do ar: dispositivo que reduz as emissões atmosféricas;

v. fonte fixa de emissão: qualquer instalação, equipamento ou processo, situado em local fixo, que libere ou emita matéria para a atmosfera, por emissão pontual ou fugitiva;

vi. prevenção à geração da poluição: conceito que privilegia a atuação sobre o processo produtivo, de forma a minimizar a geração de poluição, eliminando ou reduzindo a necessidade do uso de equipamento de controle, também conhecido como as denominações de Prevenção à Poluição e Produção mais Limpa."

Esses conceitos são relevantes subsídios para abordagem da sistemática de gerenciamento da qualidade do ar estabelecida no Estado de São Paulo, bem como para metodologia de geração de CEAR's pelo Setor Sucroalcooleiro e comercialização destes junto à Câmara de Emissões Atmosféricas (CPCEA).

MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE LICENCIAMENTO NO ESTADO DE SÃO PAULO

O controle da poluição do meio ambiente no Estado de São Paulo encontra-se arregimentado pela Lei nº 997, de 31 de maio de 1976 e pelo Decreto regulamentar nº 8.468, de 08 de setembro de 1976, que delega à Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) competência para licenciar a instalação, ampliação e operação de empreendimentos, fiscalizar emissões de poluentes, estabelecer e executar planos e programas de controle ambiental, inventariar emissões, avaliar desempenho de equipamentos e processos produtivos, dentre outras ações destinadas ao controle das fontes de poluição ambiental.

A implementação de instrumentos econômicos na legislação paulista foi impulsionada pelo processo de modernização do sistema de licenciamento ambiental, especialmente a partir da edição do Decreto n° 47.397, de 04 de dezembro de 2002, que alterou o Decreto n° 8.468/76, e estabeleceu o mecanismo de renovação da Licença de Operação (LO), possibilitando atualização de informações pelo órgão ambiental estadual e constante revisão dos processos produtivos com vistas alcançar maior eficiência ambiental por meio de processos de produção mais limpa e de metas de *performance* ambiental.

O procedimento de renovação consiste na fiscalização corretiva para adequar fontes de poluição instaladas e controlar a qualidade do meio, visando a melhoria contínua dos padrões ambientais. A modernização do sistema de licenciamento levou o Estado de São Paulo a editar os Decretos nº 48.523/04 ("Decreto de Bacias Aéreas"), nº 50.753/06 e nº 52.469/07, todos alterando o vigente Decreto nº 8.468/76.

BACIAS AÉREAS[2] E O RECENTE DECRETO ESTADUAL N° 52.469/07

O arcabouço jurídico recentemente estruturado traz a definição de conjunto de ações para incentivar reduções de emissões de poluentes atmosféricos de empreendimentos instalados em sub-regiões classificadas como saturadas (SAT) e em vias de saturação (EVS).

Para efeito de preservação da qualidade do ar, o território do Estado de São Paulo foi dividido em Regiões de Controle de Qualidade do Ar – RCQA, que, para execução de programas de controle da poluição do ar, podem ser divididas em sub-regiões, constituídas de um, de dois ou mais Municípios.

Com efeito, determina-se o grau de saturação da qualidade do ar de uma sub-região quanto a um poluente específico, cotejando-se as concentrações verificadas nos últimos três anos com os Padrões de Qualidade do Ar (PQAR) estabelecidos no artigo 29 do Decreto nº 8.468/76.

A partir dessa avaliação de concentrações de emissões, a Agência Ambiental Paulista classifica as sub-regiões de gerenciamento da qualidade do ar em SAT – Saturada, EVS – Em Vias de Saturação e NS – Não Saturada.

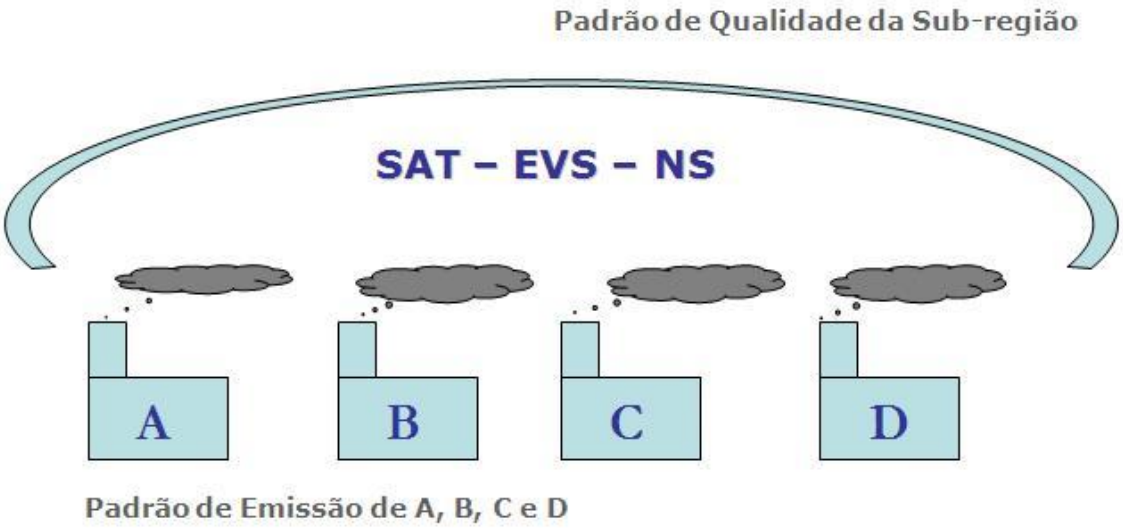
Vale ressaltar que os padrões de qualidade do ar são instrumentos de controle ambiental de poluentes atmosféricos, cuja aplicação encontra-se associada a critérios de capacidade de suporte do meio ambiente, ou seja, relacionada ao grau de saturação da sub-região em que se encontra instalada determinada fonte fixa.

Nas sub-regiões EVS e SAT, a CETESB estabelecerá Programa de Redução de Emissões Atmosféricas - PREA para os empreendimentos que se encontrem em operação, com base no inventário de emissões. A renovação da Licença de Operação desses empreendimentos condicionar-se-á às seguintes exigências técnicas: i) utilização de sistemas de controle de poluição do ar baseados na melhor tecnologia prática disponível; ii) implementação de Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas; e iii) cumprimento de metas de redução de emissões, em termos de prazo e quantidades estabelecidas pela CETESB, que poderá ser atendido por meio da compensação.

2 O Conceito de Bacias Aéreas, no âmbito da política pública de gerenciamento da qualidade atmosférica, pode ser equiparado ao “Conceito Bolha”, que é o limite imaginário colocado como artifício acima das fontes de poluição do ar. Ao invés de regulamentar uma só fonte em uma planta industrial, passa a fixar um limite máximo de emissão para diversas fontes existentes numa planta, ou grupo de plantas, do mesmo empreendimento, como se estas estivessem sob uma grande bolha, com uma única abertura no topo. Este conceito surgiu nos Estados Unidos na década de 70 e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA - Environmental Protection Agency), obteve permissão da suprema corte para aplicar em âmbito nacional a partir de 1984. LANDAU (1985).

É imprescindível que os empreendimentos do Setor Sucroalcooleiro instalados no Estado de São Paulo atentem ao mecanismo de compensação e geração de Créditos de Emissões Atmosféricas Reduzidas (CEAR's), pois, conforme determina o artigo 42 do Decreto Estadual nº 8.468/76, as fontes novas de poluição ou no caso da ampliação das já existentes que pretendam instalar-se ou operar em sub-regiões SAT e EVS, serão obrigadas a compensar em 110% e 100% das emissões atmosféricas adicionadas dos poluentes que causaram os respectivos estados.

Ilustração de uma Bacia Aérea:



Ilustra uma sub-região (bacia aérea), onde cada atividade (A, B, C,e D) possui respectivo padrão de emissão que é aferido individualmente, e todas atividades juntas devem atender ao padrão de qualidade do ar da bacia aérea, para que então a CETESB e a Secretaria do Meio Ambiente faça a respectiva classificação em saturadas (SAT), em vias de saturação (EVS) e não saturadas (NS).

Classificação das Bacias Aéreas:

Município	**Poluente Controlado**				
	MP	SO2	CO	NO2	O3
São Paulo	SAT	NS	EVS	EVS	SAT
Cubatão	SAT	NS	-	NS	SAT
Paulínia	NS	NS	-	-	SAT
Araraquara	NS	NS	-	-	EVS
Ribeirão Preto	SAT	NS	NS	-	SAT
São Carlos	NS	NS	-	-	EVS

Fonte: Resolução SMA n° 61/09.

DOS CRÉDITOS DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS REDUZIDAS (CEAR'S)

A compensação ocorre em virtude da geração e utilização de crédito de emissões atmosféricas reduzidas - CEAR's. A geração de créditos pelo Sucroalcooleiro pode ocorrer mediante a redução de emissões dos poluentes decorrente da substituição de queimadas de palha de cana-de-açúcar pela mecanização da colheita.

Vale ressaltar que essa redução de emissões deverá ser comprovada por meio de medições, cuja validação dos resultados fica condicionada ao atendimento de procedimentos estabelecidos pela CETESB.

De acordo com o Anexo do Decreto nº 52.469/07, estão sujeitos ao critério de compensação, os novos empreendimentos e ampliações cujo total de emissões adicionadas é igual ou superior a:

i. Material Particulado (MP): 100 t/ano;

ii. Óxidos de Nitrogênio (NOx): 40 t/ano;

iii. Compostos Orgânicos Voláteis, exceto metano (COVs, não-CH4): 40 t/ano;

iv. Óxidos de Enxofre (SOx): 250 t/ano;

v. Monóxido de Carbono (CO): 100 t/ano.

As reduções permanentes de emissão em fontes fixas serão convertidas em CEAR's aplicando-se o fator de conversão 1,0 para sub-regiões EVS e SAT, ou seja, a cada 10 toneladas de poluentes/ano reduzidas, uma Usina de Açúcar e Álcool pode gerar 10 toneladas/ano de CEAR's, podendo tanto utilizá-los em futuras ampliações como comercializá-los na CPCEA.

O §3º do artigo 42-A Decreto nº 52.469/07 estabelece que a geração do crédito em fontes fixas será efetivada no processo de renovação da Licença de Operação ou do licenciamento das alterações do processo produtivo, atendidos os seguintes critérios de conversibilidade de reduções de emissões:

i. A titularidade do crédito ocorre com o registro, por parte da CETESB, na Licença de Operação, de acordo com o seguinte:

i.a) Constarão da LO a data de expiração do CEAR, o poluente a que se refere e seu valor em toneladas por ano e em quilos por hora;

i.b) O CEAR refere-se, inicialmente, ao empreendimento gerador da redução das emissões, podendo ser transferido total ou parcialmente (comercializado/transacionado/negociado) entre empreendimentos localizados na mesma sub-região.

ii. A geração de crédito de emissões atmosféricas reduzidas deverá ser solicitada pelo interessado previamente à implantação de alterações redutoras de emissões na Planta Industrial.
iii. O crédito gerado por fontes fixas terá validade de 10 (dez) anos, extinguindo-se quando da expiração de sua validade ou no momento de sua utilização.

Diante dos potenciais de limitação de instalação e ampliação de empreendimentos do Setor Sucroalcooleiro em áreas classificadas como Saturadas e Em Vias de Saturação, no Estado de São Paulo, torna-se imperativo internalizar a variável emissões atmosféricas em seu planejamento de ampliação, seja por meio da geração de créditos de emissões atmosféricas reduzidas (CEAR's), seja pela compra destes junto à Câmara Paulista de Compensação de Emissões Atmosféricas (CPCEA).

RESULTADOS

A atual sistemática da compensação e geração de créditos poderá resultar em proteção maior ao meio ambiente (qualidade atmosférica), uma vez que fontes de emissão poderão escolher o melhor meio de se atingir a conformidade ambiental, com maior flexibilidade, permitindo minimização de custos e incentivo ao desenvolvimento de tecnologias e estratégias inovadoras no controle da poluição.

As reduções de emissões de poluentes poderão ser convertidas em CEAR's e consequentemente comercializadas por meio de um mecanismo de mercado eficiente, denominado Câmara Paulista de Compensação de Emissões Atmosféricas (CPCEA). A institucionalização da CPCEA permitirá apropriada alocação de recursos, na medida em que o empreendedor decidirá qual estratégia lhe convém, se investir na redução de emissão de poluentes na própria Usina ou adquirir créditos junto à Câmara de Compensação de Emissões, estruturada em bases privadas e tendo como suporte dados oficiais da CETESB, constantes das próprias licenças ambientais de operação.

Para garantir segurança jurídica à comercialização dos créditos encontra-se em estabelecimento parâmetros de contratação por meio de instrumento jurídico próprio, para perenização dos CEAR's e sua institucionalização como valor comercializável no mercado, haja vista que possui prazo decenal de validade.

Outro viés econômico advindo dos recentes diplomas normativos paulistas consiste na estruturação de mecanismo de financiamento dos processos de controle de emissões e melhoria da *performance ambiental* (equipamentos antipoluentes - tecnologias modernas e limpas), tendo

em vista as condicionantes do processo de licenciamento ambiental a que são submetidos os empreendimentos.

CONCLUSÕES

Com efeito, diante dessa evolução no tratamento das questões ambientais no Estado de São Paulo, torna-se imperioso que os empreendedores do Setor Sucroalcooleiro promovam investimentos em créditos de emissões atmosféricas reduzidas (CEAR's) para futura comercialização (curto e médio prazo), uma vez que pode significar a garantia de ampliação e/ou manutenção do funcionamento de suas Usinas de Açúcar e Álcool. Nesse sentido, os CEAR's poderiam ser incorporados aos instrumentos sistêmicos de Avaliação Integrada da Sustentabilidade (AIS) no contexto da produção do etanol da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

GOLDEMBERG, J. **A modernização do licenciamento ambiental em São Paulo**. Artigo publicado em 23 de setembro de 2003. Disponível: <http://www.ambiente.sp.gov.br/artigos/230903_modernizacao.htm>.

LANDAU, J. L. Chevron USA v. NRDC: The Supreme Court declines to burst EPA`s Bubble Concept - Copyright (c) 1985 Environmental Law Northwestern School of Law Lewis & Clarck College – vol. 15, page 285. Winter, 1985. In: SANTOS, Elio Lopes, SALVADOR, Neméio N. Batista. **Avaliação do "Conceito Bolha" como critério de compensação ambiental em atividades poluidoras do ar atmosférico** – Estudo de caso no Estado de São Paulo.

MENDES, Francisco Eduardo; MOTTA, Ronaldo Seroa. **Instrumentos Econômicos para o Controle Ambiental do ar e da água**. Disponível em <http://www.ipea.org.gov.br/pub/td/td0479.pdf>. Acesso em 04 de abril de 2010, às 19h14min.

MUNDIAL, Banco. Brasil: **Gestão dos Problemas da Poluição**. A Agenda Ambiental Marrom. Volume I. Relatório de Política. Diretoria Sub-Regional – Brasil. Diretoria Setorial – Desenvolvimento Ambiental e Social Sustentáveis. Região da América Latina e Caribe. Fevereiro de 1998.

QUANTIFICAÇÃO DA EROSÃO DE SOLOS E BALANÇO HÍDRICO EM CULTURAS DE CANA DE AÇÚCAR E PASTAGENS EM LATOSSOLO

YOULTON, Cristian.
Doutorando em Ciências da Engenharia Hidráulica e Saneamento
Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC/ USP)
Email: cristian.youlton@usp.br

WENDLAND, Edson.
Professor Doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento
Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC/ USP)
Email: ew@sc.usp.br

Palavras-chave: erosão de solos, cana-de-açúcar, pastagem, balanço hídrico.

1) INTRODUÇÃO

As culturas extensivas mais importantes no Estado do São Paulo são a pastagem e a cana de açúcar. Segundo o IEA (2009), na safra 2007/08 existiam 7.715.248 hectares da pastagem e 5.389.300 hectares de cana de açúcar no estado. Entre os anos 2001 e 2006, a superfície cultivada com cana cresceu 965.244 hectares, sendo a pecuária extensiva, a atividade que mais área cedeu (725.104 hectares) para a cultura da cana (CAMARGO *et al.*, 2008). A expansão da cultura da cana de açúcar e a redução das áreas de pastagens tendem a se manter e incrementar, considerando o aumento na demanda por biocombustíveis no Brasil e no mundo.

A expansão da cultura de cana de açúcar produz efeitos ambientais negativos. Segundo MARTINELLI e FILOSO (2008), a cultura da cana de açúcar produz erosão pela exposição de solos descobertos e lavrados profundamente, no estabelecimento e renovação da cultura cada 5 ou 6 anos, e entre a coleta anual até o novo crescimento. O solo é compactado pela passagem das máquinas usadas na coleta e renovação da cultura, diminuindo a infiltração das chuvas, e aumentando o escoamento superficial e a erosão. As partículas de solo erodidas provocam turbidez nos corpos de água, levando poluentes agroquímicos (fertilizantes, inseticidas, herbicidas, etc.) e produzem o assoreamento dos corpos da água. Especial importância tem a eutrofização das águas com compostos nitrogenados, causada pela excessiva fertilização. Finalmente, a expansão da cultura da cana de açúcar produz a destruição de ecossistemas ripários, como também dos fragmentos remanescentes de mato.

A erosão dos solos consiste de três fases: desagregação das partículas, seu transporte por água ou vento, e sedimentação quando os agentes não têm a energia para continuar o movimento do solo (MORGAN, 1997; TOY, FOSTER e RENARD, 2002). A perda de solos provoca problemas no campo e fora dele. *In situ* ocorre uma perda dos horizontes mais superficiais, arrastando a matéria orgânica contida neles. Com uma progressiva diminuição da profundidade, decresce também a capacidade de infiltração e armazenamento da água no solo,

aumentando o escoamento superficial. Finalmente, junto com o arrasto do solo acontece uma perda dos nutrientes contidos nele, diminuindo a fertilidade para produção vegetal (PRADO e VEIGA, 1994; PIMENTEL *et al.*, 1995; MORGAN, 1997; TOY, FOSTER e RENARD, 2002). Os danos *in situ* são assumidos pelos proprietários do campo, mas os efeitos distantes da fonte são assumidos pela sociedade toda, gerando passivos ambientais para as próximas gerações.

No estado de São Paulo tem-se realizado poucas medições e estimativas de erosão na cultura de cana de açúcar. Recentemente, MARTINS FILHO *et al.* (2009), avaliaram as perdas de solos e nutrientes (P, K, Ca e Mg) na cultura de cana de açúcar a través da simulação de chuvas de 65 minutos, com diferentes coberturas de palha (0, 50 e 100%) sobe um argissolo em município de Catanduva, SP. Para solo descoberto, registrou-se a erosão de 5,81 t ha^{-1} ano^{-1}, em tanto que se reduz a 1,93 e 0,77 t ha^{-1} ano^{-1} para 50 e 100% de cobertura, respectivamente. Da mesma forma é registrada a redução na perda de nutrientes. Trabalhos teóricos estimam as perdas de solo na cultura de cana utilizando modelos como Water Erosion Prediction Project (WEPP), estimando a média de 31 t ha^{-1} ano^{-1} na bacia do Ceveiro, no município de Piracicaba, SP (SPAROVEK e SCHNUG, 2001). WEILL e SPAROVEK (2008) estimaram a perda média de solo de 58 t ha^{-1} ano^{-1} utilizando a Equação Universal de Perda de Solos (USLE, por suas siglas no inglês) na mesma bacia.

Assim como para a cultura da cana de açúcar, existe pouca informação de campo sobre erosão de solos nos pastagens do estado de São Paulo. Segundo o estudo da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), desenvolvido por DRUGOWICH, SAVASTANO e LIMA SAVASTANO (2009), o estado de São Paulo tem 3.688.072 hectares de pastagens sob pecuária leiteira e mista, sendo que 20% sofre degradação com ocorrência de sulcos profundos e voçorocas, 60% tem erosão laminar e ocorrência de sulcos rasos e/ou trilheiros, e somente 20% de áreas sob manejo correto, com perdas mínimas por erosão e máxima expressão de produtividade. No mesmo, estudo estima-se a perda de solo, usando o modelo USLE, de 10 t ha^{-1} ano^{-1} nas áreas com maior degradação, até o mínimo de 0,19 t ha^{-1} ano^{-1}, somando uma perda total de 11.219.826 t ano^{-1} de solos no estado. Outro valor estimado com modelo USLE por SILVA *et al.* (2005), para uma microbacia no município de Cunha, SP, chega até 28 t ha^{-1} ano^{-1} em solos cobertos com pastagens.

Além das perdas do solo, a substituição de culturas produz a modificação do balanço hídrico no solo, especialmente pela interceptação da folhagem e demanda hídrica específica da cultura. SALAS (1987) identifica como os principais termos no balanço hídrico a precipitação, interceptação da folhagem, escoamento, infiltração, percolação, evaporação, transpiração e armazenamento da água no perfil do solo. FELLER (1981) *apud* ECHEVERRÍA, HUBER e

TABERLET (2007), estabelece a equação do balanço hídrico baseado na metodologia de continuidade de massas:

$$ETP = PP - IC - \Delta W - Es - Per \qquad \text{(Equação 1)}$$

onde ETP é a evapotranspiração, PP é a precipitação, IC é a interceptação da folhagem, ΔW é a água armazenada no solo, Es é o escoamento e Per é a percolação. O balanço hídrico no solo tem importância para a sobrevivência da cultura, a lixiviação de agroquímicos, recarga do lençol freático e dos rios. Esse tipo de balanço hídrico tem sido avaliado em uma bacia hidrográfica piloto no município de Brotas-SP, considerando a recarga do aqüífero segundo o uso de solo e a cultura associada (WENDLAND, BARRETO e GOMES, 2007). As informações hidrogeológicas coletadas na mesma bacia vêm sendo utilizadas para determinação da evapotranspiração real das culturas (BARRETO, WENDLAND e MARCUZZO, 2009).

Para a cultura de cana de açúcar no Brasil existem poucos estudos feitos para determinar seu balanço hídrico, e nenhum para determinar as mudanças causadas pela substituição de pastagens. Em Piracicaba-SP, TIMM *et al.* (2002), quantificaram a chuva, e calcularam a evapotranspiração, escoamento superficial, percolação e água armazenada até 1 m de profundidade. O período de estudo (novembro até março) foi desde o estado inicial da cultura, até as plantas terem coberto completamente o solo, avaliando as variáveis de estudo com e sem resíduos de palha e resíduos da queima, não achando diferenças significativas entre os tratamentos. Outro estudo, (BRITO, LIBARDI e GHIBERTO, 2009) desenvolvido nos municípios de Jaboticabal e Pirassununga-SP, quantificou a precipitação e água armazenada, tendo calculado a drenagem interna e a evapotranspiração entre os meses de setembro e julho. Os tratamentos avaliados foram cana de açúcar com diferentes doses de adubação nitrogenada, sem diferença confiável nos resultados. No município de Campinas-SP, quantificou-se por 10 meses a interceptação na cultura da cana do açúcar, determinando que somente 60% da precipitação total atinge o nível do solo (CASTILHO, 2000), mas os outros componentes do balanço hídrico não forem considerados.

Como as avaliações de erosão para cultura de cana de açúcar e pastagens no estado do São Paulo foram feitas sob diferentes condições de chuva e solos, os resultados não são comparáveis entre si, impedindo avaliar com confiança a variação da erosão na substituição de pastagens pela cultura da cana de açúcar. Ademais, não foram desenvolvidas pesquisas em que os modelos foram calibrados com valores de erosão coletados no campo, ou os dados são medições pontuais de simulações que não consideram as variações anuais. Como resultado, não há consenso sobre a dimensão do problema erosivo. Em relação a o balanço hídrico, os estudos desenvolvidos não tinham integrado a fração da chuva que é interceptada pela folhagem nem

quantificaram a percolação mediante medições diretas no solo, como também não compararam cana de açúcar e pastagem.

A quantificação das perdas de solo e modificação do balanço hídrico que ocorrem na substituição de pastagens por cana de açúcar poderá gerar informação que permitirá avaliar ambientalmente a expansão desta cultura. Os resultados terão importância estratégica para uma cultura que o Brasil tenta mostrar mundialmente como uma fonte energética sustentável, e que se torna a cultura de maior importância no estado de São Paulo.

Finalmente, os objetivos da pesquisa são:

1. Determinar experimentalmente a erosão de solos na cana de açúcar e pastagem.
2. Quantificar as componentes do balanço hídrico para as culturas citadas.

2) METODOLOGIA:

Para determinar a perda de solos na cultura de cana de açúcar e pastagens, serão construídas parcelas de escoamento com bordas, que limitam o ingresso de escoamento e sedimentos externos, e impedem fugas internas. No final da parcela há um sistema de coleta, com tampa para evitar o ingresso direto da chuva, e um conjunto de tanques e divisores para reter o escoamento e sedimentos (Figura 1a e 1b), os quais são medidos semanalmente (VEIGA e PRADO, 1993; HUDSON, 1997; MORGAN, 1997).

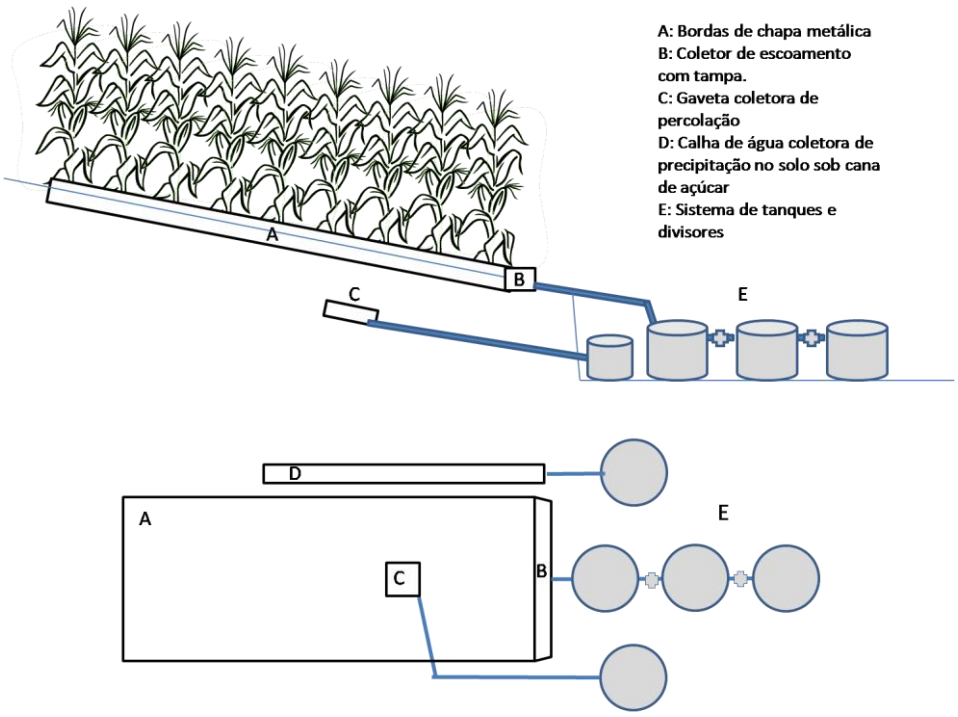


Figura 1: Vista lateral e superior da parcela que será utilizada para quantificar a erosão e o balanço hídrico no campo.

As culturas a avaliar nas parcelas serão cana de açúcar para produção de álcool e grama para pastagem do gado bovino, simulando os manejos representativos de plantios comerciais, com três repetições cada. O plantio de cana de açúcar será feito especialmente para o presente estudo, numa área de pastagem extensiva na Fazenda Canchim, em parceira com Embrapa Pecuária Sudeste, distante 8 km do centro da cidade de São Carlos-SP, e 234 km da Capital do Estado (21° 56' 00" S 47° 49' 10" W), à altitude de 856 m (Figura 2). As parcelas serão construídas no setor norte da fazenda, em uma encosta com orientação NO-SE usada para pastagem extensiva, e situada ao lado da área de reserva legal com mata nativa de cerrado. Cada parcela tem 100 m^2 (5 m de largura e 20 m de comprimento) segundo as dimensões recomendadas por HUDSON (1997), distribuídas lateralmente na mesma cota de nível para evitar variações de solos e interferências (Figura 3).

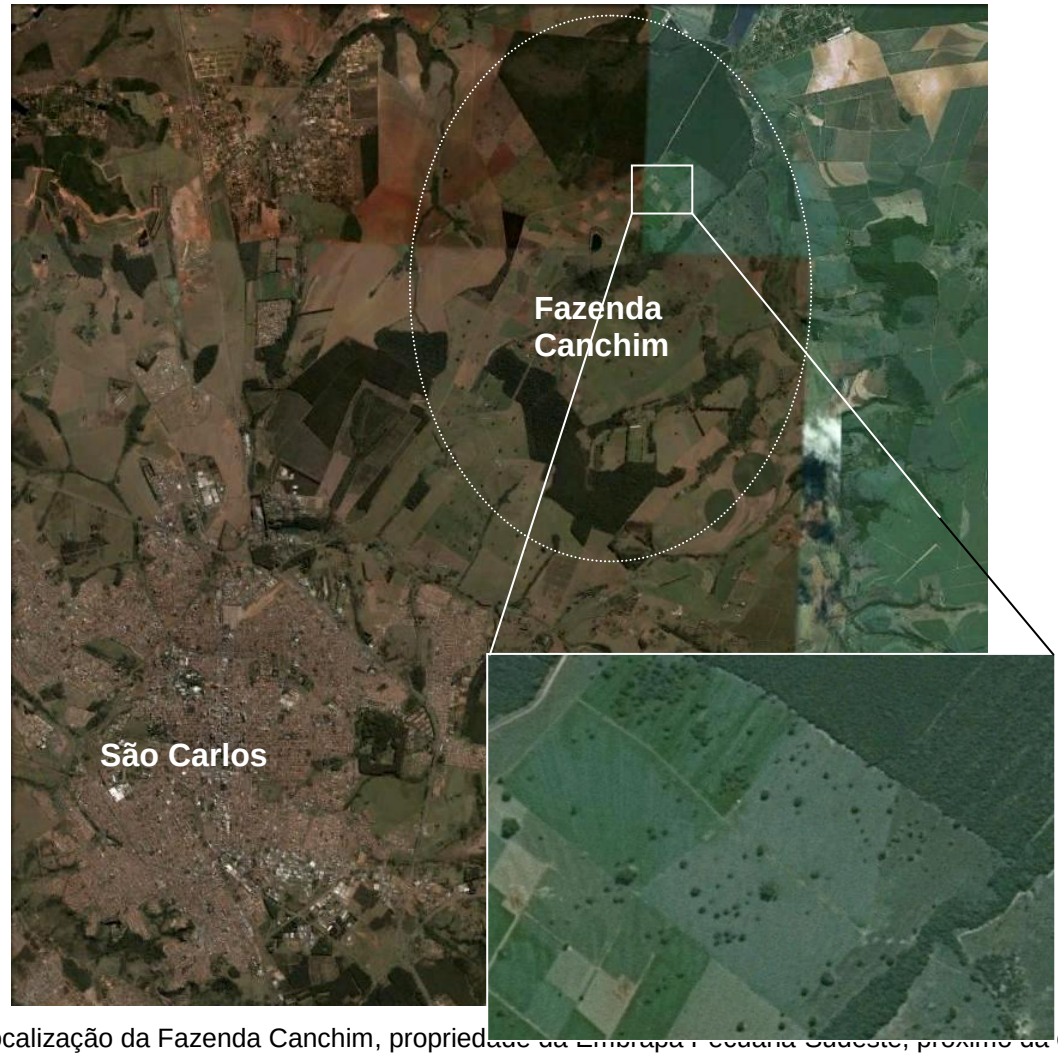


Figura 2: Localização da Fazenda Canchim, propriedade da Embrapa Pecuária Sudeste, próximo da cidade de São Carlos-SP. O detalhe indica a área onde serão construídas as parcelas de erosão.

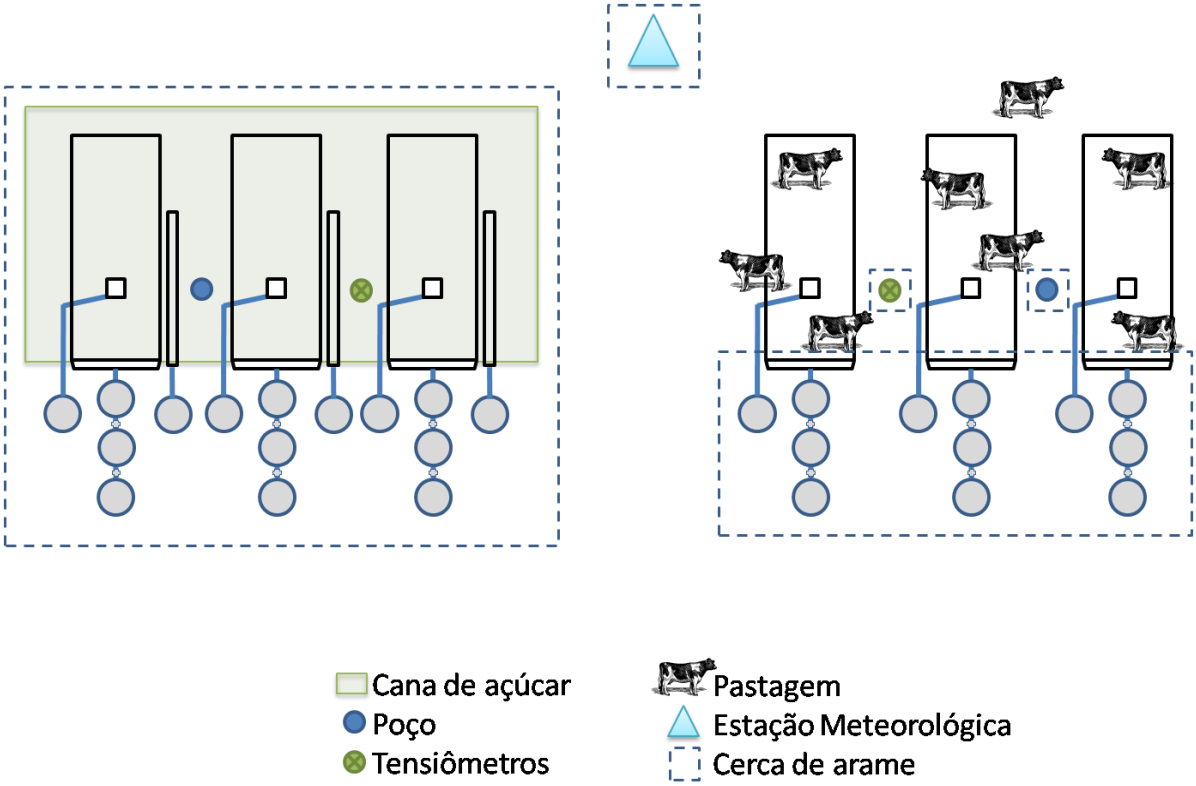


Figura 3: Distribuição no campo dos tratamentos e dos equipamentos utilizados para quantificar a erosão e balanço hídrico.

Para as parcelas com cana de açúcar, as bordas serão feitas de chapas metálicas, enquanto as parcelas com pastagem terão bordas de chapa reforçada com tabuões e fixadas com estacas de mourões, para resistir a passo do gado. Pelo mesmo motivo, o sistema de tanques e o plantio de cana de açúcar serão protegidos por cerca de arames. A declividade da área será de 12%, já que segundo o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (MANZATTO *et al.*, 2009), esse é o valor máximo permitido para colheita mecânica na dita cultura. Semanalmente serão coletadas amostras de escoamento e erosão no sistema de tanques, segundo a metodologia de VEIGA e PRADO (1993), determinando no laboratório o peso seco das amostras. Da mesma forma, semanalmente serão avaliadas as mudanças na cobertura vegetal analisando fotografias digitais da superfície de solo com softwares de análise de imagens de código aberto (PURCELL, 2000; FERRARI, POZZOLO e FERRARI, 2007; CAMPILLO *et al.*, 2008).

O segundo desafio será determinar o balanço hídrico (equação 1) nos diferentes tratamentos. Na metodologia utilizada para avaliar a erosão, também é quantificado o escoamento superficial. Com a instalação de uma estação meteorológica, será quantificada a precipitação total e a evapotranspiração pode ser calculada utilizando a equação de Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 1998). Para a cana de açúcar, a interceptação da folhagem será calculada como a diferença

entre a precipitação total e a precipitação que atinge o solo, coletada com calhas de água entre as parcelas de escoamento, segundo o método de CASTILHO (2000). No caso da pastagem, a interceptação da folhagem é considerada nula pela baixa altura da vegetação. A percolação será coletada com gavetas de chapa metálica de 0,3 x 0,3 m x 0,1 m instaladas 1 m abaixo do nível do solo, numa distância de 5 m acima do coletor das parcelas de escoamento. A instalação das gavetas será feita no solo não perturbado, numa parede de trincheira, a mesma que será cavada para caracterizar o solo. A percolação coletada será conduzida e armazenada em um tanque independente, junto com os tanques de escoamento (ECHEVERRÍA, HUBER e TABERLET, 2007; Figura 2), e seu volume será quantificado semanalmente. Para avaliar se as culturas produzem alguma variação no nível freático, e determinar se têm correlação com as medições de percolação, serão construídos dois poços profundos (25 m aproximadamente, dependendo das características do solo e profundidade do nível freático) com um dispositivo de monitoramento automático (*diver*). Finalmente, o volume de água armazenado no perfil de solo até a profundidade de 1 m será monitorado com a instalação de um conjunto de tensiômetros para cada cultura, aos 30, 60 e 90 cm, segundo o estudo de CUNHA e WENDLAND (2005).

A pesquisa será desenvolvida durante dois anos, monitorando a erosão e balanço hídrico desde a preparação de solos até primeira colheita da cana de açúcar. Os resultados obtidos permitirão avaliar se a cultura da cana de açúcar para produção do etanol é uma prática sustentável no ponto de partida da cadeia produtiva, ou seja, desde a utilização de solos e aguas.

3) REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. 1998. Disponível em: < http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e06.htm >.

BARRETO, C. E. A. G.; WENDLAND, E.; MARCUZZO, F. F. N. Estimativa da evapotranspiração a partir de variação de nível estático de aquífero. **Engenharia Agrícola,** v. 29, p. 52-61, 2009. ISSN 0100-6916. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000100006&nrm=iso >.

BRITO, A. D. S.; LIBARDI, P. L.; GHIBERTO, P. J. Componentes do balanço de água no solo com cana-de-açúcar, com e sem adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 33, p. 295-303, 2009. ISSN 0100-0683. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000200007&nrm=iso >.

CAMARGO, A. M. M. P. D.; CASER, D. V.; CAMARGO, F. P. D.; OLIVETTE, M. P. D. A.; SACHS, R. C. C.; TORQUATO, S. A. Dinâmica e tendência da expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, estado de São Paulo, 2001-2006. **Informações Econômicas, SP,** v. 38, n. 3, 2008. Disponível em: < http://www.iea.sp.gov.br/out/bioenergia/textos/ie-0308.pdf >.

CAMPILLO, C.; PRIETO, M. H.; DAZA, C.; MONINO, M. J.; GARCIA, M. I. Using Digital Images to Characterize Canopy Coverage and Light Interception in a Processing Tomato Crop. **HortScience,**

v. 43, n. 6, p. 1780-1786, October 1, 2008 2008. Disponível em: < http://hortsci.ashspublications.org/cgi/content/abstract/43/6/1780 >.

CASTILHO, C. P. G. A. D. **Interceptação de chuvas na cultura da cana-de-açucar (Saccharum Officinarum ssp.)**. 2000. 256 (Mestrado). Facultade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas

CUNHA, A. T. D.; WENDLAND, E. Uso de lisímetro para avaliação da infiltração em zona de afloramento da Formação Botucatu, na região de São Carlos SP. **Águas Subterrâneas,** v. 19, n. 2, p. 77-90, 2005.

DRUGOWICH, M. I.; SAVASTANO, S.; LIMA SAVASTANO, S. A. A. D. **Erosão em pastagens sob pecuária leiteira e mista no estado de São Paulo**. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. 2009

ECHEVERRÍA, C.; HUBER, A.; TABERLET, F. Estudio comparativo de los componentes del balance hídrico en un bosque nativo y una pradera en el sur de Chile. **Bosque (Valdivia),** v. 28, p. 271-280, 2007. ISSN 0717-9200. Disponível em: < http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002007000300013&nrm=iso >.

FELLER, M. C. Water balance in *Eucalyptus regnans, E.obliqua*, and *Pinus radiata* forests in Victoria. **Australian Forestry,** v. 44, n. 3, p. 153-161, 1981.

FERRARI, D. M.; POZZOLO, O. R.; FERRARI, H. J. **Desarrollo de un Software para Estimación de Cobertura Vegetal**. Estación Experimental Agropecuaria INTA Concepción del Uruguay. Entre Rios, Argentina. 2007

HUDSON, N. W. **Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía**. Roma: FAO, 1997. ISBN 9253034068 9789253034062. Disponível em: < http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s00.htm#Contents >.

IEA. **Serie Informações Estadísticas da Agricultura SP. Anuário Instituto de Economía Agrícola 2008**. p.1-127. 2009

MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACCA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Embrapa Solos, p.55. 2009

MARTINELLI, L.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications,** v. 18, n. 4, p. 885-898, 2008. Disponível em: < http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/07-1813.1 >.

MARTINS FILHO, M. V.; LICCIOTI, T. T.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R. B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola,** v. 29, p. 8-18, 2009. ISSN 0100-6916. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000100002&nrm=iso >.

MORGAN, R. P. C. **Erosión y conservación del suelo**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1997. 343 ISBN 8471146797 9788471146793.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; MCNAIR, M.; CRIST, S.; SHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. **Science,** v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, February 24, 1995.

Disponível em: < http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/267/5201/1117 >.

PRADO, W. L. D.; VEIGA, M. D. **Relacion entre erosion y perdida de fertilidad del suelo; Relationship between erosion and loss of soil fertility**. FAO. Santiago, Chile. 1994

PURCELL, L. C. Soybean canopy coverage and light interception measurements using digital imagery. **Crop Sci,** v. 40, n. 3, p. 834-837, May 1, 2000 2000. Disponível em: < http://crop.scijournals.org/cgi/content/abstract/cropsci;40/3/834 >.

SALAS, G. D. L. **Suelos y ecosistemas forestales : con énfasis en América tropical**. San José, Costa Rica: Inst. Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1987. 450

SILVA, A. M. D.; RANZINI, M.; GUANDIQUE, M. E. G.; ARCOVA, F. C. S.; CICCO, V. D. Estudo Integrado do processo erosivo numa microbacia experimental localizada no município de cunha – SP. **Geociências, UNESP,** v. 24, n. 1, p. 43-53, 2005.

SPAROVEK, G.; SCHNUG, E. Temporal Erosion-Induced Soil Degradation and Yield Loss. **Soil Sci Soc Am J,** v. 65, n. 5, p. 1479-1486, September 1, 2001 2001. Disponível em: < http://soil.scijournals.org/cgi/content/abstract/soilsci;65/5/1479 >.

TIMM, L. C.; OLIVEIRA, J. C. M. D.; TOMINAGA, T. T.; CÁSSARO, F. A. M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Water balance of a sugarcane crop: quantitative and qualitative aspects of its measurement. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 6, p. 57-62, 2002. ISSN 1415-4366. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000100011&nrm=iso >.

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. **Soil erosion: processes, prediction, measurement, and control**. New York: John Wiley & Sons, 2002. 338 ISBN 0471383694 9780471383697.

VEIGA, M. D.; PRADO, W. L. D. **Manual para la instalación y conducción de experimentos de pérdidas de suelos**. Santiago de Chile: FAO, 1993.

WEILL, M. D. A. M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP): I - Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 32, p. 801-814, 2008. ISSN 0100-0683.

WENDLAND, E.; BARRETO, C.; GOMES, L. H. Water balance in the Guarani Aquifer outcrop zone based on hydrogeologic monitoring. **Journal of Hydrology,** v. 342, n. 3-4, p. 261-269, 2007. ISSN 0022-1694.

SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS AGRÍCOLAS: INOVA-TEC SYSTEM v. 2.0

JESUS-HITZSCHKY, Kátia Regina Evaristo
Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente – Jaguariúna – SP
Email: katiareg@cnpma.embrapa.br

Palavras-chave: Inovação tecnológica, avaliação de impactos, prospecção de tecnologia, Sustentabilidade, Metodologia Inova-Tec.

A avaliação de impactos de tecnologias, de maneira geral, pode ser uma aliada do processo de decisão. Mecanismos de busca de informações, ferramentas de compilação de dados de maneira sistematizada e que permitam a geração de conclusões rastreáveis compõem os elementos-chave para garantir que os processos decisórios culminarão na gestão adequada da inovação, com a otimização de recursos e resultados. Este trabalho apresenta um sistema metodológico para a avaliação dos impactos de inovações tecnológicas com ênfase nas aplicações das biotecnologias agrícolas, fornecendo informações organizadas de acordo com critérios e indicadores em diversas dimensões onde os impactos podem ser percebidos de maneira direta ou indireta: social, econômica, ambiental, desenvolvimento institucional e capacitação, introdução da tecnologia e ocorrências inesperadas.

A elaboração do sistema proposto foi baseado em métodos anteriores que permitem a análise de risco de Plantas Geneticamente Modificadas - GMP-RAM - Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants (Jesus et al., 2006) e nos métodos de avaliação de impacto ambiental utilizados durante a implementação do Sistema ISO 14.000. Muitos indicadores ou parâmetros descritos em relatórios internacionais (EFSA, 2006; NAS, 2002) foram também considerados.

MÉTODO

O INOVA-tec System (JESUS-HITZSCHKY, 2007) é um método criado para a avaliação de impactos diretos e indiretos de inovações tecnológicas, nas diversas dimensões que estas podem atingir: social, ambiental, econômica, de desenvolvimento institucional, capacitação, introdução da tecnologia e ocorrências inesperadas. O sistema permite avaliar a abrangência da inovação e o seu desempenho, através dos índices de significância e magnitude. A natureza inclusiva do método permite empregá-lo, com adequações, para a avaliação das biotecnologias agrícolas.

O sistema confere mais objetividade nas avaliações, norteando os indicadores a serem utilizados e os componentes importantes para a redução de impactos negativos e

otimização dos recursos utilizados para a aplicação da tecnologia, a fim de prevenir e mitigar os danos ambientais.

É possível realizar a avaliação ex-ante ou ex-post a utilização da inovação. A avaliação ex-ante é voltada para diagnosticar seus impactos potenciais, é de interesse de agentes financiadores e fomentadores. Enquanto a avaliação ex-post, avalia o seu desempenho no mercado, é interessante aos órgãos fiscalizadores e regulamentadores, empresas compradoras de tecnologia e para a sociedade de maneira geral.

Estas informações estão organizadas em três ferramentas: ***i) planilha para análise do cenário da inovação (índice de significância)***; ***ii) planilhas para avaliação dos indicadores para geração do Índice de Magnitude,*** finalmente, a combinação deste dois índices (Significância X Magnitude) possibilitam a apresentação dos resultados na ***iii) Matriz de Impacto que é gerada a partir do Índice de Impacto Geral.***

Planilha para Análise Prospectiva – Cenário: Índice de Significância

A primeira ferramenta permite a realização da análise prospectiva do uso da inovação tecnológica. Para esta etapa da avaliação são considerados os fatores de moderação que seguem: extensão da sua aplicação, alcance da tecnologia e sua influência. Esta primeira parte da avaliação pode ser utilizada tanto para avaliações ex-post quanto para avaliações ex-ante, quer seja pelo avaliador que vai decidir sobre a continuidade de uma aplicação inovadora quanto pela agência de fomento ou investidores que decidirão o destino de um aporte de recursos entre projetos de inovação tecnológica.

Os fatores de moderação são apresentados na planilha que indica os valores associados ao seu nível de importância e a sua significância em termos da *Extensão* da sua utilização – pontual, local, regional, nacional e internacional – e o alcance (ou escopo) direto ou indireto da sua aplicação (meio ambiente, saúde humana, qualidade de produto ou processo, social, econômico, político e legal). A análise destes fatores de moderação permite a geração do Índice de Significância (Figura 1). Cada peso atribuído para os fatores de moderação será considerado para a geração do Índice de Significância, de acordo com a fórmula abaixo:

$$\Sigma (\text{Alcance}_{a,g} \times \text{Influência}_{a,g}) = \text{Abrangência da Inovação} \qquad \text{equação (1)}$$

$$\text{Abrangência da Inovação} \times \text{Extensão} = \text{Índice de significância}$$

Figura 1: Interface do Software INOVA-tec v.2.0 – Avaliação do Cenário da Inovação – Cálculo do Índice de Significância.

Planilha de Indicadores para compilar o Desempenho do Impacto: *Índice Magnitude*

A segunda ferramenta é uma planilha pré-formatada (Figura 2) que organiza os parâmetros ou indicadores de acordo com o foco da dimensão e permite ao usuário inserir os valores do nível de importância ou magnitude dos parâmetros.

Planilha para avaliação dos indicadores: analisa os indicadores propostos para as diferentes dimensões (social, ambiental, econômica, desenvolvimento institucional, capacitação, introdução da tecnologia e ocorrências inesperadas) que possam sofrer os impactos da inovação, além daqueles inseridos pelo avaliador como indicadores específicos relevantes à pesquisa. O emprego do método permite que o avaliador analise somente os indicadores que julgar relevantes para o contexto da avaliação, selecionando os indicadores sem distorção do resultado final. A avaliação destes indicadores gera o Índice de Magnitude. O sistema permite que se faça observações sobre os indicadores e seus pesos nas planilhas dentro do software para a avaliação realizada no formato eletrônico (software) ou dentro da tabela para avaliação realizada manualmente.

Cada peso atribuído para os indicadores ou fatores de moderação será considerado para a geração do Índice de Magnitude, de acordo com a fórmula abaixo:

$$\textbf{Peso do Indicador}_{a,g}\ \textbf{X Valor da faixa de peso}_{a,g} + \Sigma\ \textbf{(Fatores de correção}_{a,g}\textbf{)} = \textbf{Peso Total dos Indicadores da Dimensão A} = \textbf{Peso total da Dimensão A} \qquad \text{equação (2)}$$

Σ (Peso Total da Dimensão A, B, C, D, E, F, G) / Número de Dimensões Analisadas = Índice de Magnitude (Índice Geral do Impacto) equação (3)

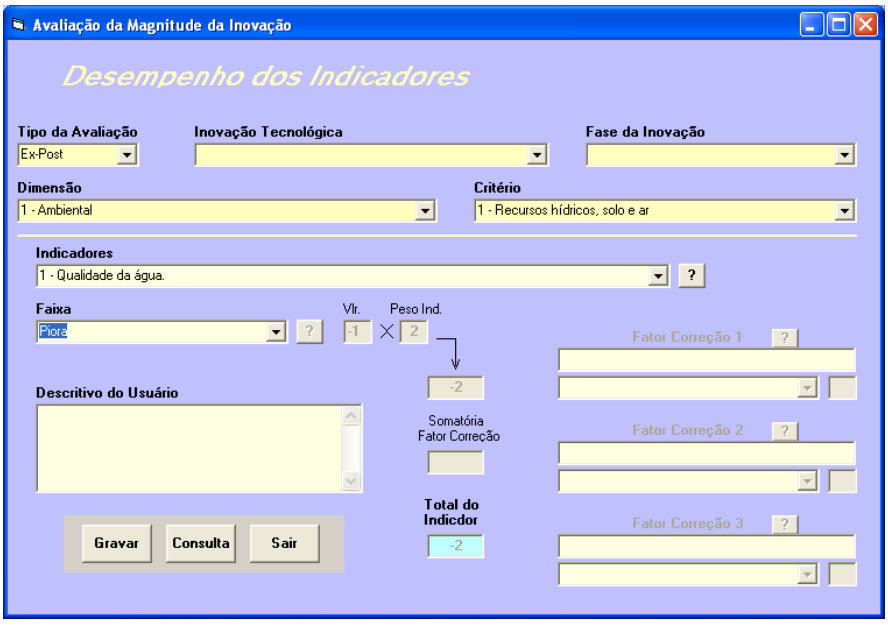


Figura 2: Interface do Software INOVA-tec v.2.0 – Avaliação do Desempenho dos Indicadores – Cálculo do Índice de Magnitude.

Matriz de Impacto: Índice de Impacto Geral

A Matriz (Figura 3) é construída com dois eixos, no eixo “x” são apresentadas as classes do Índice de Magnitude (desempenho dos indicadores) e no eixo “y” são apresentadas as classes do Índice de Significância (análise prospectiva). É indicado na matriz o ‘Valor do Impacto Geral’, este consiste do resultado final da avaliação de todos os indicadores nas diversas dimensões. Para complementar a avaliação, os resultados do Índice de Magnitude e do Índice de Significância para cada dimensão são apresentados na matriz de acordo com o resultado da sua avaliação (os pontos são apresentados usando letras para representar cada dimensão). O valor final do desempenho de cada dimensão é o resultado da somatória dos valores de todos os indicadores dentro da dimensão avaliada. A ilustração deste resultado da avaliação por dimensão (apresentado as letras como um código) permite a elaboração de uma lista de recomendação com a finalidade de potencializar o impacto positivo da inovação para cada dimensão. Essa medida favorece a primeira premissa deste sistema: as dimensões devem ser consideradas igualmente

importantes e por isto medidas corretivas devem ser tomadas para diminuir as distorções dos impactos entre elas.

Formato Digital – Introdução do Software Inova-tec System (v. 2.0)

O software Inova-tec System já está na segunda versão, esta foi disponibilizada para download em 2009 e pode ser acessado no site da Embrapa Meio Ambiente: http://www.cnpma.embrapa.br/forms/inova_tec.php3. É o formato eletrônico para apresentação das planilhas criadas a partir do Microsoft Visual Basic v. 6.0 No *Software* as três ferramentas são ligadas e dessa maneira o usuário pode preencher as planilhas e automaticamente observar o resultado na Matriz, no formato de tabelas, gráficos e como um relatório conclusivo. A partir dos resultados obtidos são feitas as recomendações do gerenciamento, em casos extremos de impactos muito negativos, aponta a necessidade de interromper o processo, baseando-se no conceito de sustentabilidade.

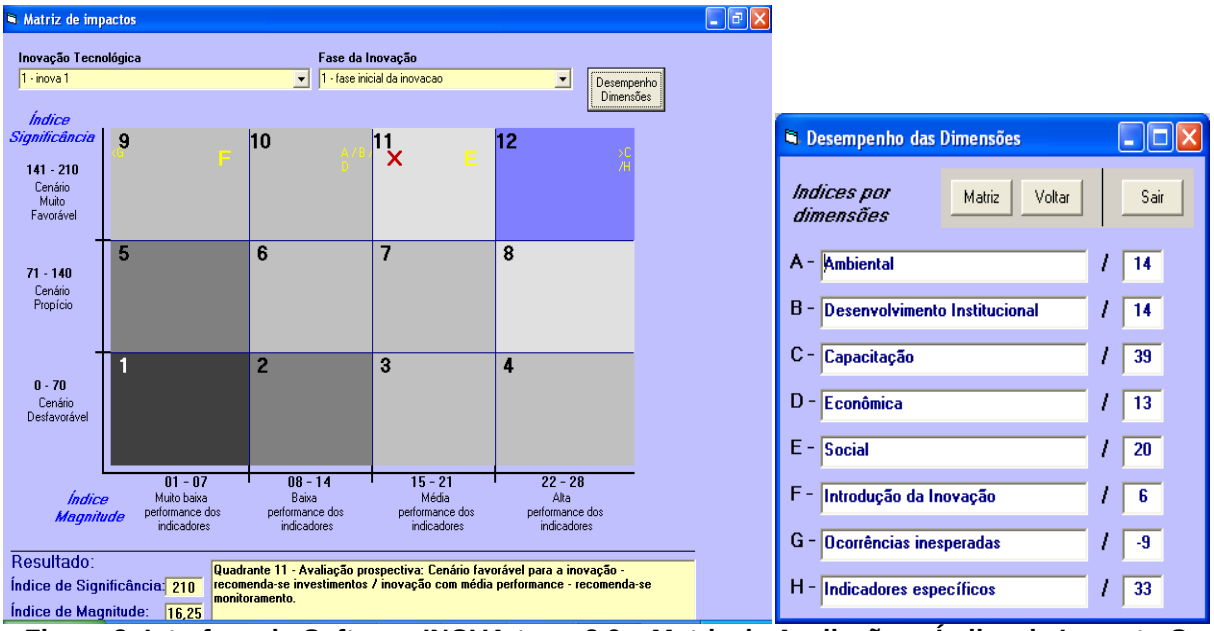


Figura 3: Interface do Software INOVA-tec v.2.0 – Matriz de Avaliação – Índice de Impacto Geral – apresentação das avaliações das dimensões codificadas com letras.

CONCLUSÕES

A análise prospectiva deve ser realizada para predizer a ocorrência do impacto negativo da tecnologia no ambiente, na saúde humana e para otimizar recursos econômicos, humanos (capacitação), desenvolvimento institucional e o impacto social. Essa avaliação nos possibilita definir as medidas para mitigar ou evitar os efeitos adversos ou ocorrências

inesperadas que podem resultar de um impacto potencial identificado na avaliação ex ante. Assim, é possível desenvolver tecnologias com maior probabilidade de sucesso e segurança.

Esta estratégia é essencial para formulação de um método menos superficial, desde que seja possível indicar qual parâmetro está mais relacionado com a biotecnologia. Portanto, a caracterização do impacto empregando-se ferramentas ou métodos semi-quantitativos permite a redução significativa da subjetividade da avaliação. Comparado com os processos de avaliação atualmente disponíveis, o método proposto representa um recurso menos subjetivo e mais transparente para a avaliação de impacto das tecnologias para aplicações na agricultura.

REFERÊNCIAS

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Guidance document of the scientific panel on genetically modified organisms for the risk assessment of genetically modified plants and derived food and feed. **The EFSA Journal**, v. 9, p. 1-100, 2006.

JESUS, K. R. E.; LANNA, A. C.; VIEIRA, F. D.; ABREU, A. L.; LIMA, D. U. A proposed risk assessment method for genetically modified plants. **Applied Biosafety**, v. 11, n. 3, p. 127-137, 2008.

JESUS-HITZSCHKY, K. R. E. Impact assessment system for technological innovation: Inova-tec System. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, p. 67-82, 2007.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Committee on Environmental Impacts Associated with Commercialization of Transgenic Plants. **Environmental effects of transgenic plants**: The scope and adequacy of regulation. Washington, DC: The National Academies Press, 2002.

ETANOL E COGERAÇÃO DIANTE DA ÓPTICA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

FURLAN, Natália
Graduanda em Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
natyfur@gmail.com ou natalia.furlan@usp.br

Palavras-chave: produção de energia, combustíveis, sustentabilidade, impactos ambientais

1. INTRODUÇÃO

A matriz energética global necessita reverter a tendência nítida que predomina durante os últimos 150 anos, período de expansão do petróleo. Diante do aumento da temperatura da Terra, do nível dos oceanos, derretimento das calotas polares, maior incidência de ciclones tropicais, a provável falta de água, mudanças drásticas na produção de alimentos e extinção de algumas espécies de animais e vegetais, muitos países, vendo a necessidade de mudança de sua matriz energética, começam a optar pelo uso da energia renovável, reconhecendo as propriedades de combustíveis recuperados de massa vegetal recém colhida.

As matérias-primas que contém substrato energético são variadas, podem ser cultivadas em múltiplas latitudes e seu processamento é relativamente simples. Essas fontes também abrem o potencial de integração econômica nos países emergentes, uma vez que geram empregos regulares numa atividade produtiva de tecnologia conhecida. E servem, ainda, como aceleradoras do processo embrionário de recuperação climática, pois os combustíveis reduzem notavelmente o padrão das emissões de carbono na atmosfera.

Atualmente, a agroindústria da cana-de-açúcar ocupa mais de 4 milhões de hectares somente no Estado de São Paulo, respondendo por aproximadamente 60% da produção nacional de açúcar e álcool(UNICA, 2010). Logo, a expansão da cana para produção de etanol tem sido motivo de preocupação para entidades sócio-ambientais, como a Agência Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, já que são vários são os aspectos ambientais envolvidos por tal atividade.

Diante desse quadro, o desafio é aplicar e aprimorar as tecnologias já existentes, embasadas na legislação vigente. Busca-se, assim, a otimização do processo produtivo em todos seus estágios, principalmente nas áreas agrícolas, onde ainda existe em exploração da mão-de-obra, queimadas e práticas ambientalmente inadequadas. Para tanto, são necessárias práticas sustentáveis por meio de uma produção ambientalmente correta e socialmente responsável, conforme a definição da Organização das Nações Unidas (ONU) de desenvolvimento sustentável.

O objetivo do presente trabalho é discutir o potencial do uso da cana-de-açúcar para a geração de energia, sob a ótica do desenvolvimento sustentável.

2. COGERAÇÃO DE ENERGIA

O uso do bagaço da cana como fonte de energia faz parte da história do setor sucro-alcooleiro. No entanto, a busca do aproveitamento dessa fonte faz parte da história recente. Nos anos 70, as caldeiras queimavam bagaço com uma eficiência da ordem de 68% a 70%, com baixa pressão e baixo aproveitamento térmico (UNICA, 2010).

Na época, a energia elétrica era subsidiada pelo governo, e o seu preço baixo permitia a sua compra para as usinas. Não havia qualquer incentivo para a geração de energia, nem legislação que desse respaldo à atividade. Esse quadro foi mudando nas últimas décadas e, em meados dos anos 90, o setor já era auto-suficiente devido à co-geração, com algumas usinas possuindo equipamento de alta pressão, com maior aproveitamento térmico.

Afinal, cada tonelada de cana tem potencial energético equivalente a 1,2 barril de petróleo e produz 280 kg de bagaço (Jornal Cana, 2010)(Esse ganho de eficiência ocorreu em boa hora, uma vez que, em 2001, o abastecimento de eletricidade corria risco de colapso, após dois anos de seca reduzirem os reservatórios das usinas hidrelétricas. Assim, as usinas do Centro-Sul - que vai do Paraná ao Mato Grosso - puderam dar sua contribuição, uma vez que o fornecimento de energia excedente coincide com o período da seca na região (MACEDO, 2005).

Com a desregulamentação do setor, em meados dos anos 90, a venda de excedente de energia ganhou fôlego, tornando-se um investimento para as usinas - algo entre US$ 150 mil a US$ 270 mil por MW, em termos de geração. Em maio de 2001, o BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social aprovou recursos de R$ 250 milhões para financiar a geração de projetos de cogeração a partir do bagaço de cana e, até meados daquele ano, 40 usinas geravam excedentes e comercializavam 300 MW (UNICA, 2010).

O processo de cogeração de energia no setor sucro-alcooleiro consiste em aproveitar o vapor produzido (energia térmica) pela queima do bagaço em caldeiras, para movimentar os equipamentos da própria unidade industrial, e simultaneamente, acionar conjuntos de geradores de energia elétrica.

O Brasil apresenta um nível intermediário de consumo (1,13 TEP/hab.ano) com alta concentração em fontes renováveis de energia (41% contra 13,8% no mundo). Pode aumentar significativamente o uso da biomassa e outras, além de melhorar as eficiências de geração e uso. Neste sentido, entre outras iniciativas, deve se implantar a geração distribuída (GD) de energia elétrica (baseada em cogeração) que poderá chegar a 10-20% do total em 10-15 anos, e estabelecer uma política para o setor de combustíveis para transportes (MACEDO, 2005).

O setor da cana-de-açúcar já apresenta uma expressiva contribuição (sustentabilidade responsiva) para substituição dos combustíveis fósseis, indo muito além da sua auto-suficiência em energia (elétrica e térmica).

Segundo Macedo (2005):

- Gera 9,7 TWh de energia elétrica e mecânica (3% da eletricidade gerada no país);
- Usa bagaço como combustível: 17,5 Mtep (equivalente à soma de todo gás natural e óleo combustível usado no país);
- Produz 180.000 barris de etanol/dia (equivalente a 50% de toda gasolina usada no país).

A melhoria de desempenho em energia do setor de cana (uso da palha, implementação de GD) pode levar a 30 TWh adicionais de energia elétrica; alternativamente, a implantação no futuro de processos para etanol de resíduos pode aumentar em 40% a produção de etanol, para a mesma produção de cana.

Em relação ao preço de mercado, em leilões de energia, o preço da energia gerada a partir da cogeração é cotado entre R$ 130,00 a R$ 140,00 por MWh (segundo Onório Kitayama – consultor da UNICA (União da Agroindústria Canavieira de São Paulo)) (Revista Idea News, 2007).

3. ETANOL

A redução do uso de combustíveis fósseis, em benefício da utilização de uma energia de fonte renovável, é um dos pontos positivos apresentados. Além do fato de a cana absorver mais carbono do que elimina em todo o seu processo agroindustrial, ainda tem a vantagem de ser uma cultura semi-perene, não necessitando de mobilização intensa de solo a cada ano (UNICA, 2010).

Entre outros benefícios aponta-se a grande mão-de-obra envolvida na cultura da cana, podendo-se citar a geração de empregos a partir do desenvolvimento de uma tecnologia nacional.

O principal impacto positivo do uso do etanol como fonte de energia é a redução na emissão de poluentes em comparação com os combustíveis fósseis. De acordo com estimativas da Confederação Nacional da Indústria (CNI), apresentadas por Alfred Szwarc (MACEDO, 2005) em “Impactos do uso do etanol nas emissões veiculares em áreas urbanas”, em 1989, na região metropolitana de São Paulo, a contribuição do etanol na qualidade do ar foi muito significativa, sendo observado uma redução de cerca de 75% dos níveis de chumbo na atmosfera das cidades

industrializadas, em resposta ao uso do álcool em substituição ao chumbo tetraetila, utilizado como aditivo da gasolina. A utilização de altos teores de etanol na gasolina também tornou desnecessária a produção de gasolina com elevado conteúdo de hidrocarbonetos aromáticos, substâncias reconhecidamente tóxicas e com grande reatividade fotoquímica. Vale observar que houve evolução na tecnologia de produção de motores e catalisadores mais eficientes na conversão do combustível e filtragem dos gases emitidos.

4. IMPACTOS AMBIENTAIS

Os impactos no meio ambiente considerados na produção agrícola em geral devem ser vistos em relação à cultura da cana, assim como os relacionados com a produção industrial e uso final. Eles incluem a poluição do ar, localmente, na queimada da cana e no uso do etanol combustível; as emissões de gases de efeito estufa, em todo ciclo de vida; os impactos do uso de novas áreas, inclusive na biodiversidade, os impactos na conservação do solo, erosão, no uso de recursos hídricos e na qualidade da água e no uso de defensivos e fertilizantes.

Na avaliação dos impactos ambientais da expansão agrícola da cana, é importante considerar que esta avaliação é sempre relativa, sempre relacionada com usos alternativos da terra. Os impactos (erosão; proteção da base de produção; biodiversidade; uso de químicos etc.) são muito diferentes se a cana substituir (como tem ocorrido na maioria dos casos) pastagens extensivas, ou como cultura de laranja, ou se ocupar diretamente áreas de cerrado ou mesmo florestas. Estas considerações são normalmente feitas quando da substituição dos usos do solo, para verificar se há degradação potencial ou se o novo uso promoverá a recuperação ambiental.

4.1. Impactos nos recursos hídricos

Os impactos da cultura da cana no suprimento de água (volumes e qualidade) são pequenos. Os principais motivos são a não utilização de irrigação, a redução importante obtida nos últimos anos na captação de água para o uso industrial, com reutilização interna nos processos, e a prática de devolver água para a lavoura, nos sistemas de fertirrigação. Adicionalmente, a legislação florestal e sua aplicação específica sobre as áreas de proteção ambiental (APP) relativas às matas ciliares têm liberado estas áreas de plantio e podem levar a um grande avanço, criando corredores para recomposição da biodiversidade.

Quanto à utilização de técnicas de irrigação, embora o Brasil tenha a maior disponibilidade de água no mundo, com 14% das águas de superfície, e o equivalente ao deflúvio anual em aqüíferos subterrâneos, o uso de irrigação agrícola é muito pequeno (aproximadamente 3,3 Mha, contra 227 Mha no mundo) (MACEDO, 2005).. Especificamente, com relação à cultura

da cana, no Brasil, esta praticamente não é irrigada, excetuando-se em algumas pequenas áreas (irrigação suplementar). Isto é de grande importância na redução de impactos ambientais, não só pelo menor uso da água como também por evitar o arraste de nutrientes, resíduos de agrotóxicos, perda de solo. Ressalta-se que métodos eficientes de irrigação, a exemplo, gotejamento sub-superficial estão em avaliação (MACEDO, *op.cit*).

Outro ponto a ser salientado é a captação e reutilização da água. A água entra nas usinas com a cana (70% do peso dos colmos) e com a captação para uso nas indústrias. A água captada é usada em vários processos, com níveis diferentes de reutilização; parte é devolvida aos cursos d'água, após tratamentos necessários, parte é destinada juntamente com a vinhaça, à fertirrigação. O nível de captação e lançamento de água para uso industrial têm sido reduzidos substancialmente nos últimos anos, de cerca de 5 m^3/ton de cana captados (em 1990 e em 1997) atingiu-se 1,83 m^3/ton de cana em 2004 (amostragens no estado de São Paulo) (MACEDO, *op.cit*). Isso foi conseguido com a racionalização do consumo da água, com reutilização, fechamentos de circuito e algumas mudanças de processo (redução da lavagem da cana).

Ligado a isso se tem a cobrança pelo uso da água. Os custos que afetam o setor industrial correspondem à captação de água, ao seu consumo e ao lançamento de despejo. Os principais instrumentos legais de cobrança pelo uso da água, em nível federal e estadual (SP) são: Constituição Paulista, 1988 (estabelece a cobrança pelo uso dos recursos hídricos); Lei Estadual (SP) n.º 7663, 1991 (institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e os Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI); Lei Federal nº 9433, 1997 (institui a Política Nacional de Recursos Hídricos); Projeto de Lei (SP) nº 676, 2000 (regulamenta a cobrança pelo uso da água no estado de São Paulo); além das legislações especificas de cada Comitê de bacia ou UGRHI (BRASIL, 1998; SÃO PAULO, 2002).

Em relação aos efluentes e sua carga orgânica, o levantamento feito em 1995 em 34 usinas de São Paulo indicou uma carga orgânica remanescente de 0,199 DBO_5/ton cana, que, comparada com estimativas do potencial poluidor na mesma época representava uma eficiência de 98,4%.Nota-se que a fertirrigação da lavoura é o grande canal de disposição desta matéria orgânica, com vantagens ambientais e econômicas.

A qualidade dos recursos hídricos é conseguida a partir da preservação e recuperação das matas ciliares, aliadas às práticas de conservação e manejo adequada do solo. As matas ciliares são sistemas vegetais essenciais para equilíbrio ambiental, controlando a erosão às margens dos cursos d'água, evitando o assoreamento dos mananciais, minimizando os efeitos das enchentes, filtrando os possíveis resíduos de produtos químicos, etc. Na cultura da cana, na maioria dos casos, foi abandonado o cultivo em áreas consideradas de Preservação Permanentes (APPs) para recuperação espontânea e natural.

4.2 Impactos na qualidade do ar

A agroindústria da cana relaciona-se com os impactos na qualidade do ar de duas maneiras distintas. Enquanto o uso do etanol provocou melhora significativa nas emissões de poluentes em centros urbanos, as queimadas da cana, em outra escala causam problemas com a dispersão de particulados e riscos com a fumaça.

Nas décadas de 1980 e 1990 foram conduzidos vários trabalhos no Brasil e no exterior visando esclarecer se as emissões das queimadas da cana eram nocivas à saúde. Apesar de muitos destes não apresentarem relação direta com prejuízos à saúde, sem dúvida deve-se observar que qualquer tipo de queima de alguma forma tem efeito sobre o meio ambiente, principalmente quando realizada de forma incompleta, caso das queimadas. Além disso, na queima da cana, existe o incômodo causado pela emissão de particulados e alguns riscos para áreas como redes elétricas e rodovias.

A evolução tecnológica em equipamentos e processos de produção, as pressões ambientais e a legislação em vigor motivaram o aumento da colheita mecânica da cana sem queimar.

A proibição gradativa da queima de cana no Brasil foi prevista inicialmente em decreto-lei do governo do Estado de São Paulo de 16/04/97. Atualmente a legislação sobre o assunto é constituída pela Lei 11.241 de 19/09/02 (Estado de São Paulo) e pelo Decreto do Governo Federal nº 2.661 de 08/07/98. Ambos estabelecem cronograma para a eliminação da queima e determinam áreas de proibição como faixas de proteção nas proximidades de perímetros urbanos, rodovias, ferrovias, aeroportos, reservas florestais e unidades de conservação, entre outros. Para atender à legislação, a mecanização da colheita deve atingir até 2018 no país, 100% da área cultivada em solos com declividade compatível com esta prática (< 12%) (BRASIL, 1998; SÃO PAULO, 2002).

Tal quadro tem potenciais impactos sociais. A agroindústria canavieira no Brasil possui um importante papel na geração de empregos, estimado em um milhão de pessoas empregadas diretamente. No Estado de São Paulo representa cerca de 35% da mão-de-obra agrícola, totalizando 250 mil trabalhadores. A demanda de mão-de-obra na produção de cana-de-açúcar deverá ser reduzida pelo aumento da mecanização da colheita e plantio. Ainda será exigido um maior grau de especialização da mão-de-obra empregada (REVISTA IDEA NEWS, 2006).

Os produtos energéticos da cana, etanol e bagaço, tem contribuído largamente para redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, através da substituição de combustíveis fósseis, ou seja, gasolina e óleo combustível.

No plantio, colheita, transporte e processamento da cana são consumidos combustíveis fósseis que geram emissões de GEE; também há processos não relacionados com o uso de combustíveis que geram emissões não compensadas por reabsorção pela fotossíntese no crescimento da cana.

5. CONCLUSÃO

Apesar dos problemas ambientais envolvidos no ciclo produtivo da cana, a energia gerada a partir dessa fonte se mostra viável perante a atual necessidade energética e o cenário sócio-ambiental.

Ressalta-se que, recentemente, percebe-se uma evolução nos processos produtivos. Pesquisas desenvolvidas por Universidades públicas, centros de pesquisa (CTC - Centro de Tecnologia Canavieira, EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), e cooperativas (Copersucar - Cooperativa de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo), além da UNICA - União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, permitiram a adoção de práticas mais sustentáveis do ponto de vista social, ambiental e econômico. Novas tecnologias estão sendo aplicadas em relação a fertilizantes (aplicação da vinhaça e torta de filtro de forma controlada), controle biológico de pragas, mecanização da colheita, práticas de agricultura orgânica, diminuição das queimadas, qualificação da mão-de-obra, entre outras. Essas medidas visam tanto à sustentabilidade ambiental quanto social e, conjuntamente com aumento da produção, geram ganhos econômicos.

Fazem-se ressalvas ao uso da cana como matriz energética em grande escala, visto a pressão que pode gerar sobre as áreas agrícolas e sua dependência de uma cultura sazonal, podendo levar a crises no fornecimento, como já ocorrida durante o período de expansão do Proálcool.

REFERÊNCIAS

BRASIL . Decreto Federal nº 2.661 de 08/07/98. Sobre a proibição gradativa da queima da cana-de-açúcar.. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jul. 1998. Disponível em: <http:\\www.planalto.gov.br>. Acesso: 26/03/2010.

JORNAL CANA. **Anuário da Cana**. Disponível em: <http:\\www.jornalcana.com.br>. Acesso: 25/03/2010.

MACEDO, I.C. (Org.) **A energia da cana-de-açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade**. São Paulo, 2005. 295 p.

REVISTA IDEA NEWS. **Cogeração que o Brasil precisará**. Ribeirão Preto: Idea News, Ano 06; n.º 73, Novembro, 2006. 68 p.

REVISTA IDEA NEWS. **Cana: uma das soluções para o aquecimento global**. Ribeirão Preto: Idea News, Ano 07; n.º 79, Junho, 2007. 65 p.

SÃO PAULO . Legislação do Estado de São Paulo nº. 11.241 de 19/09/02. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo, Brasil**, São Paulo, SP, 19 set. 2002. Disponível em: <http:\\www.saopaulo.sp.gov.br>. Acesso: 25/02/2010.

UNICA - União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. **Informações sobre a cogeração de energia a partir da cana**. Disponível em: <http:\\www.unica.com.br>. Acesso: 28/03/2010.

SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA NA ATIVIDADE PRODUTIVA CANAVIEIRA EM ASSIS (SP): O CASO DOS FORNECEDORES

BINI, Danton Leonel de Camargo
Geógrafo, Mestre em Geografia Humana
Instituto de Economia Agrícola (IEA)
Secretaria da Agricultura e Abastecimento
Email: danton@iea.sp.gov.br

TORQUATO, Sérgio Alves
Economista, Mestre em Economia
Instituto de Economia Agrícola (IEA)
Secretaria da Agricultura e Abastecimento
Email: storquato@iea.sp.gov.br

Palavras-chave: sustentabilidade; fornecedores; região de Assis (SP).

Nas safras 2007/08 e 2008/09 a atividade canavieira obteve retornos bem menores daqueles programados no início dos anos 2000. Após maciços investimentos adquiridos junto ao mercado financeiro que propiciaram a ampliação da capacidade produtiva e da expansão geográfica da atividade em terras paulistas (Tabela 1), o setor chega ao final da década apresentando problemas conjunturais. Reforçada pela crise econômica mundial deflagrada no segundo semestre de 2008, a falta ou dificuldade de crédito levou algumas unidades de produção a diminuir ou suprimir etapas na produção e outras até a atrasar o pagamento de fornecedores, o que acarretou atrasos na introdução de novas tecnologias e nos ganhos de produtividade agrícola e industrial.

Tabela 1: Espaçamento da Cana-de-Açúcar em Terras Paulistas por Escritório de Desenvolvimento Rural (EDR): 2000 e 2008.

EDR	Área (ha) Cana Indústria 2000	% do Estado 2000	Área (ha) Cana Indústria 2008	Expansão 2000-2008 (%)	% do Estado 2008
ANDRADINA	54.743	1,94	241.635	341,40	4,48
ARAÇATUBA	96.153	3,40	237.091,28	146,58	4,40
ARARAQUARA	221.145	7,83	249.518,70	12,83	4,63
ASSIS	143.967	5,10	258.801	79,76	4,80
AVARÉ	18.988	0,67	61.055	221,55	1,13
BARRETOS	197.378	6,99	472.964,90	139,62	8,78
BAURU	52.508	1,86	123.738	135,66	2,30
BOTUCATU	55.695	1,97	82.995	49,02	1,54
BRAGANÇA PAULISTA	2.610	0,09	3.207,40	22,89	0,06
CAMPINAS	23.500	0,83	32.262,50	37,29	0,60
CATANDUVA	126.523	4,48	247.987	96,00	4,60
DRACENA	19.025	0,67	131.329	590,30	2,44
FERNANDÓPOLIS	9.017	0,32	44.712	395,86	0,83
FRANCA	74.375	2,63	136.427	83,43	2,53
GENERAL SALGADO	51.623	1,83	149.434,80	189,47	2,77
GUARATINGUETA	296	0,01	162,84	(44,99)	0,00
ITAPETININGA	13.572	0,48	39.210	188,90	0,73
ITAPEVA	2.605	0,09	11.506	341,69	0,21
JABOTICABAL	174.446	6,17	251.396	44,11	4,66
JALES	600	0,02	20.321	3.286,83	0,38
JAÚ	217.912	7,71	288.349,40	32,32	5,35
LIMEIRA	130.694	4,63	181.565	38,92	3,37
LINS	32.746	1,16	128.273,90	291,72	2,38
MARÍLIA		-	25.516		0,47
MOGI DAS CRUZES	95	0,00	90	(5,26)	0,00
MOGI-MIRIM	41.975	1,49	60.367,60	43,82	1,12
ORLÂNDIA	260.012	9,20	414.610,40	59,46	7,69
OURINHOS	67.638	2,39	112.060	65,68	2,08
PINDAMONHANGABA	1.264	0,04	1.573,80	24,51	0,03
PIRACICABA	166.457	5,89	191.423,10	15,00	3,55
PRESIDENTE PRUDENTE	46.914	1,66	220.345,40	369,68	4,09
PRESIDENTE VENCESLAU	30.019	1,06	88.210	193,85	1,64
REGISTRO	62	0,00	31	(50,00)	0,00
RIBEIRÃO PRETO	323.723	11,46	360.444,60	11,34	6,69
SÃO JOÃO DA BOA VISTA	66.992	2,37	110.083	64,32	2,04
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	35.544	1,26	229.988,60	547,05	4,27
SÃO PAULO	204	0,01	29,3	(85,64)	0,00
SOROCABA	25.415	0,90	9.101	(64,19)	0,17
TUPÃ	14.188	0,50	63.310	346,22	1,17
VOTUPORANGA	24.652	0,87	108.163,90	338,76	2,01
ESTADO	2.825.275	100,00	5.389.291	90,75	100,00

Fonte: Banco de Dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA).

Especificando a análise sobre as áreas rurais do Escritório de Desenvolvimento Rural (EDR) de Assis, presencia-se um reajuste entre os anos de 2000 e 2008 de aproximadamente 79,76% na ocupação da cultura da cana-de-açúcar em terras regionais. Isso representa - diante da expansão de 90,75% nas áreas da cultura em todo o estado de São Paulo - em torno de 5% da cana-de-açúcar fixada em terras paulistas nesse mesmo intervalo (Tabela 1). No ano 2000, tinham-se as pastagens com uma ocupação de 247.696 hectares direcionados para a pecuária representando 31,82% da área agrícola da região de Assis. Milho (21,24%), soja (19,27%) e cana-de-açúcar (18,49%) se apresentavam como as outras atividades com ocupação significativa das terras regionais (Tabela 2).

Tabela 2: Ocupação do Solo e Espaçamento no Escritório de Desenvolvimento Rural de Assis (2000-2008)

Tipo de Ocupação do Solo	Ocupação Específica	2000	% da Área Total	2008	% da Área Total
Cultura Anual	**Milho**	**165.339,0**	**21,2**	**131.592,0**	**16,9**
Cultura Anual	**Soja**	**150.031,0**	**19,3**	**129.312,0**	**16,6**
Cultura Anual	Feijão	1.597,0	0,2	1.395,0	0,2
Cultura Anual	Sorgo	-	-	496,0	0,1
Cultura Anual	Amendoim	5.317,0	0,7	4.910,0	0,6
Cultura Anual	Algodão	37,0	0,0	130,0	0,0
Cultura Anual	Milho Silagem	1.836,0	0,2	300,0	0,0
Cultura Anual	Trigo	4.287,0	0,6	11.712,0	1,5
Cultura Anual	Arroz	1.459,0	0,2	1.410,0	0,2
Cultura Anual	Tomate	75,0	0,0	50,0	0,0
Cultura Anual	Cebola	-	-	100,0	0,0
Cultura Anual	Outras anuais	1.153,0	0,1	654,0	0,1
Cultura Anual	Sub-Total	331.131,0	42,5	282.061,0	36,2
Cultura Semiperene	**Cana p/Indústria**	**143.967,0**	**18,5**	**258.801,0**	**33,2**
Cultura Semiperene	Cana forragem	1.180,0	0,2	960,0	0,1
Cultura Semiperene	Mandioca	14.917,0	1,9	18.620,8	2,4
Cultura Semiperene	Outras semiperene	129,3	0,0	15,4	0,0
Cultura Semiperene	Sub-Total	160.193,3	20,6	278.397,2	35,7
Cultura Perene	Laranja	253,1	0,0	374,4	0,0
Cultura Perene	Café	1.971,6	0,3	1.339,0	0,2
Cultura Perene	Banana	1.143,0	0,1	1.846,0	0,2
Cultura Perene	Seringueira	81,0	0,0	75,0	0,0
Cultura Perene	Limão	62,8	0,0	100,4	0,0
Cultura Perene	Manga	27,0	0,0	-	-
Cultura Perene	Poncã	45,3	0,0	6,6	0,0
Cultura Perene	Goiaba	-	-	5,3	0,0
Cultura Perene	Outros citrus	16,3	0,0	-	-
Cultura Perene	Uva para mesa	1,1	0,0	6,4	0,0
Cultura Perene	Jabuticaba	-	-	-	-
Cultura Perene	Outras perenes	46,9	0,0	92,0	0,0
Cultura Perene	Sub-total	3.648,0	0,5	3.845,1	0,5
Pastagem	**Pastagem**	**247.696,0**	**31,8**	**180.921,0**	**23,2**
Pastagem	Sub-Total	247.696,0	31,8	180.921,0	23,2
Reflorestamento	Eucalipto	3.677,0	0,5	3.071,0	0,4
Reflorestamento	Pinus	2.680,0	0,3	1.658,0	0,2
Reflorestamento	Sub-Total	6.357,0	0,8	4.729,0	0,6
Cobertura Natural	Cerradão	6.656,0	0,9	7.039,0	0,9
Cobertura Natural	Cerrado	4.039,0	0,5	4.651,0	0,6
Cobertura Natural	Mata natural	18.750,0	2,4	18.276,0	2,3
Cobertura Natural	Sub-total	29.445,0	3,8	29.966,0	3,8
Todas as Ocupações	**Total**	**778.470,4**	**100,0**	**779.919,3**	**100,0**

Fonte: Banco de Dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA).

No decorrer dos anos 2000, movido pela introdução da inovação do carro flex fuel e com a problemática ambiental acentuada pelos relatórios surgidos no retrato do aquecimento global ocasionado principalmente pela queima dos combustíveis fósseis, os custos relativos favoráveis ao álcool combustível em relação à gasolina derivada de petróleo se tornaram os

maiores possibilitadores da expansão da lavoura canavieira no Brasil. Indo neste embalo, em várias regiões paulistas a cana-de-açúcar se torna a principal atividade agropecuária na ocupação do solo rural e na geração do valor da produção agropecuária (TSUNECHIRO, 2009).

Fruto desse processo, na região de Assis, em 2008, a cana-de-açúcar já havia sedimentado a liderança na ocupação das áreas agrícolas com 258.801 hectares, o que representava 33,2% do espaçamento regional. Pastagens (23,2%), milho (16,9%) e soja (16,2%), depois de reduzidos os seus percentuais na ocupação das terras regionais, continuaram estando entre as atividades agropecuárias mais significativas (Tabela 2).

Responsáveis por aproximadamente ¼ da produção canavieira na região, os fornecedores de cana associados à Assocana (Associação Rural dos Fornecedores e Plantadores de Cana da Média Sorocabana), entidade sediada no município de Assis, direcionaram no ano de 2008 em torno de 4.500.000 toneladas[3] das 15.178.296 toneladas produzidas nos municípios de sua circunscrição. Os municípios cobertos pela representatividade da Assocana são quase os mesmos do Escritório de Desenvolvimento Rural (EDR) de Assis: exceto Salto Grande (município pertencente à EDR de Ourinhos, na contigüidade à leste de Assis), os outros nove (9) municípios sob circunscrição da entidade estão entre os dezesseis (16) que fazem parte do EDR de Assis.

A diferença desses montantes é de cana própria plantada e colhida pelas oito (8) usinas localizadas no espaço geográfico regional.

Tabela 3: Estratificação dos fornecedores de cana da região de Assis, São Paulo (2009)

Estratos de Produtores (Ton.)	Nº	%	ACUM.	PRODUÇÃO (Ton.)	%	ACUMULADO.
> 0 – 12.000	497	88,9	88,9	1.452.356	31,7	31,7
12.000 - 50.000	49	8,8	97,7	1.147.606	25,0	56,7
> 50.000	13	2,3	100,0	1.977.175	43,3	100,0
TOTAL	559	100,0		4.577.138	100,0	

Fonte: Banco de Dados da ORPLANA 2009

[3] Dados oferecidos pela Assocana em trabalho de campo realizado em julho de 2009.

Verifica-se que há uma concentração de pequenos produtores de cana na região de Assis - cerca de 89% dos fornecedores - que atingem 31% da produção realizada via fornecedores da Assocana, com produção de até 12 mil toneladas de cana. No estrato daqueles que produzem entre 12.000 e 50.000 toneladas estão 8,8% dos fornecedores, responsáveis por ¼ da oferta da Assocana. Uma minoria representativa de 2,3% dos associados - cada um produzindo mais de 50.000 toneladas de cana por ano – fornece quase a metade (43,3%) da participação da Assocana na oferta de matéria-prima para as usinas regionais.

Evidenciando os conteúdos dessa diferenciação de estratos de fornecedores de cana-de-açúcar na região de Assis, em trabalhos de campo realizados nessa região no segundo semestre de 2009 foi possível observar que alguns produtores – principalmente os pequenos - carecem de uma estrutura de informação e registro de dados sobre suas produções de cana, tais como: rendimento técnico, por máquinas e implementos; custo e gestão do negócio. Sendo assim, há uma nítida disparidade comparada entre de um lado, pequenos e médios produtores, que com pouco controle técnico-científico-informacional de suas atividades produtivas tiveram perdas que os grandes produtores, por outro lado, na posse de instrumentos técnicos capacitadores da obtenção de uma intervenção precisa de suas atuações conseguem se precaver, amenizando-as.

Relatos captados em entrevistas feitas nas visitas citadas acima puderam nos apresentar a dura realidade de muitos pequenos agricultores, que em alguns casos, não fizeram os reinvestimentos financeiros e agrícolas necessários na ocasião dos altos preços da cana-de-açúcar que ocorreram nas safras de 2005/06 e 2006/07 e assim ficaram endividados após a opção em se introduzir a cana-de-açúcar em suas propriedades nos anos 2000. Há casos daqueles que se desfizeram de suas terras para o pagamento de dívidas.

Que esse novo ciclo de euforia vivido agora em 2010 com a melhora do preço da cana-de-açúcar aconteça com uma atenção especial àqueles produtores que, pertencentes a um formato organizacional pouco moderno, não conseguiram – por insuficiente capitalização - acompanhar o progresso tecnológico exigido em uma economia competitiva.

Programas de capacitação desses produtores primordialmente no uso das novas tecnologias de informação e subsídios facilitadores para a instalação de softwares de escrituração agrícola são ferramentas que ajudarão a diminuir as disparidades entre os estratos de agricultores. A rearticulação das metas coletivas de associações e cooperativas devem pautar pelo aprofundamento das conquistas de economias de escala factíveis através de uma contabilidade conjunta e diferenciada para os pequenos produtores, como nos momentos de aquisição de insumos e venda de seus produtos finais.

REFERÊNCIAS

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. Banco de dados IEA. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/>.Acesso em: 04 nov. 2009.

ORPLANA - ORGANIZAÇÃO DE PLANTADORES DE CANA DA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL. Banco de dados. Disponível em: www.orplana.com.br Acesso em: 24 out. 2009.

TSUNECHIRO, A. Valor da Produção Agropecuária e Florestal do Estado de São Paulo em 2009: estimativa preliminar. Informações Econômicas, SP, v.39, n.10, out., São Paulo, 2009.

OS IMPACTOS SOCIAIS DA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇUCAR

ESPÍNDOLA, Évellyn Aparecida
Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental
Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC/ USP)
Email: ev.espindola@gmail.com

ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta
Professor Doutor
Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC/ USP)
Email: elgaeta@sc.usp.br

Palavras-chave: Cana açúcar; Cortadores de cana; Impactos sociais

I. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é uma das mais importantes para o Brasil, sendo que o açúcar e o álcool são itens líderes na exportação de produtos. Nos últimos anos problemas têm ocorrido no momento da colheita, devido à condição do trabalho realizado, e ocorrência da tradicional queimada, com danos ao ambiente e à saúde do trabalhador (FEAGRI, 2009).

A colheita manual da cana-de-açúcar faz uso do fogo para aumentar a eficiência da operação. Por permitir um maior acesso à cultura, a queima da palhada dobra a quantidade média de cana cortada por um trabalhador, que é de seis a oito toneladas por dia. Apesar dessa vantagem, o processo de queima causa vários problemas, como a liberação de gases que contribuem para fuligem e para o efeito estufa, maior crescimento de ervas daninhas, mortandade de animais silvestres e prejuízo à saúde colocando em risco a vida do trabalhador (SILVA, 2007).

Associado aos problemas ambientais acima descritos agrega-se os sociais e entre eles aliciamento nos estados de origem, pagamento por produção, moradias indignas, alimentação de péssima qualidade.

Frente à importância da cultura da cana-de-açúcar para o Brasil e considerando-se o grande número de trabalhadores envolvidos, o presente trabalho tem por objetivo apresentar (apesar de forma não inovadora, mas contributiva), uma breve revisão bibliográfica dos impactos sociais junto aos trabalhadores do corte da cana. Foram pesquisadas teses, artigos, depoimentos de trabalhadores e relatórios tendo o trabalho o objetivo não de esgotar o problema em sua totalidade, mas de trazer reflexão, tendo em vista que apesar do inegável crescimento econômico que a produção da cana-de-açúcar oferece, observa-se por outro lado impactos sociais decorrentes desse processo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Os impactos sociais: uma exegese

Algumas pesquisas como a da Pastoral dos Migrantes (2008) apontam que o trabalho do corte de cana, do ponto de vista social é bastante complexo, pelos diversos fatos que implica. Esses problemas vão desde alojamentos precários onde permanecem os trabalhadores por oito a dez meses; remuneração inadequada; sobrecarga de trabalho imposta pelas exigências de produtividade requerida pelas empresas e situação laboral exploratória deteriorando a saúde dos trabalhadores. Segundo Laat e Vilela (2007), dos 39% de acidentes com cortadores de cana no Estado de São Paulo, 14,4% referem-se a problemas nos olhos, 10,4% nos pés e 9,2% nos braços. O custo de Equipamentos de proteção Individual (EPIs) fica em torno de R$ 0,40 por dia para a empresa enquanto que o trabalhador parado deixa de produzir R$ 500,00 por dia para a usina.

Em relação às exigências de produtividade, Padrão (1996), em seus estudos junto a trabalhadores no corte da cana, observou criação de um conjunto de mecanismos que incentivam a força de trabalho a adotar voluntariamente um padrão de comportamento desejável por parte das gerências. O pesquisador destacou a implantação de um sistema de premiações onde eram concedidos periodicamente incentivos materiais e simbólicos aos trabalhadores que apresentavam os índices mais elevados de produtividade e de assiduidade. Os prêmios iam desde cestas básicas semanais até televisores e aparelhos de som anuais. Esses prêmios eram renovados anualmente, assim como os patamares mínimos de produção e assiduidade, refletindo uma crescente intensificação da produtividade do trabalho e da própria competição entre os trabalhadores. A distinção simbólica de alguns premiados, os chamados “10 mais”, com o título de “Machão” e o diploma “Valeu Machão”, reafirmava as diferenças entre os trabalhadores a partir da valorização da virilidade e da força física despendida no trabalho. Essas competições são ainda observadas até hoje em diferentes estados.

Estudos de Silva (2007) constataram que a vida útil de um cortador de cana não ultrapassa 15 anos, período considerado inferior ao dos escravos, que chegava a 20 anos. Ainda de acordo com a pesquisa, para cortar 10 toneladas um trabalhador desfere quase 10 mil golpes sob um calor intenso e utilizando calça comprida, caneleira, sapatão, luvas, blusa de manga comprida e boné com lenço, o que leva a sofrimento, dor, doenças e até mesmo a morte(Figuras 1 e 2). Relatos de Alves (2007) apontam ainda para sintomas de cãibras, vômitos, tonturas, dores de cabeça, feridas no corpo provocadas pelo suor, mesclado a fuligem etc.

Pesquisa de Gonzaga (2002), em relação ao uso de EPIs, atesta graves problemas dermatológicos ocasionados pela fuligem e suor; uso de luvas inadequadas; óculos sem

adequação proporcionando irritação nos olhos e o surgimento de estratégias de proteção por parte dos trabalhadores, tendo em vista que o não uso dos equipamentos fornecidos pelas empresas significa a perda do trabalho. Entre essas estratégias, 6,9% dos entrevistados informaram usar luvas de pano sob a luva de raspa.

Todos os sintomas e situações observados pelos pesquisadores citados acima, se agregam a outro fator muito importante também detectado por eles: os trabalhadores são extremamente pobres e não raramente doentes e subnutridos.

Figuras 1 e 2 – Trabalhadores no corte manual da cana. Foto: Yolanda Huzak (2003) Fonte: htpp://www.iolandahuzak.com

O fator subnutrição, agravado pelo esforço físico, contribui para o aumento de acidentes de trabalho que muitas vezes levam a morte. Uma pesquisa da Pastoral do Migrante (2008), entre os anos de 2004 a 2008, verificou um número de 21 óbitos. Segundo Andrade (2007), há registros de uso de drogas como maconha e crack, para o alivio das dores nos braços e conseqüente aumento da capacidade de trabalho durante o corte da cana. Além disso, de acordo com o pesquisador, as condições de trabalho são marcadas pela altíssima intensidade de produtividade exigida como demonstrado em tabela I abaixo e ainda em vigor em alguns estados.

Tabela I – exigência de produtividade

DÉCADA	MÉDIA (PRODUTIVIDADE)
1980	5 a 8 Toneladas de cana cortada/dia
1990	8 a 9 Toneladas de cana cortada/dia
2000	10 Toneladas de cana cortada/dia
2004	12 a 15 Toneladas de cana cortada/dia

Fonte: Andrade (2007)

As contratações em seus estados de origem levam os trabalhadores a acreditarem em salários de cerca de R$ 1.500,00, resultando nos aliciamentos, uma vez que segundo Lima (2007), o salário de um cortador de cana, na maioria dos municípios do Estado de São Paulo, gira em torno de R$ 400,00 a R$ 500,00 e em outras regiões do país, como no nordeste, esse salário é ainda mais baixo. Isso significa que o bóia-fria recebe cerca de R$ 2,50 por tonelada de cana cortada.

Além dos baixos salários, conforme observado anteriormente, esses trabalhadores tem que conviver com péssimos alojamentos, alimentação deficiente, ausência de higiene.

Recentemente, de acordo com o jornal da Pastoral do Migrante, de Outubro de 2009, oito grupos de bóias-frias tiveram o trabalho suspenso por uma blitz em lavouras de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto, mais tradicional pólo do país. Devido à falta de equipamentos de proteção, cerca de 360 trabalhadores rurais foram mandados para casa, por ordem do grupo de fiscalização rural do Ministério do Trabalho. Os principais motivos alegados pelos fiscais para a paralisação do corte foram à falta ou deterioração de equipamentos como luvas, óculos, roupas, facões, caneleiras e botas - todos considerados imprescindíveis para a segurança do trabalhador.

2.2. Mecanização: problema ou solução?

Para Nadal (2008) a introdução de máquinas na lavoura da cana-de-açúcar teve como conseqüências mais imediatas a redução do tempo de realização de determinadas tarefas, da quantidade de mão-de-obra empregada e da força de trabalho residente na propriedade, bem como a introdução de uma mudança qualitativa na demanda por trabalhadores, na medida em que passaram a utilizar funcionários com maior grau de especialização (tratoristas, motoristas e operadores de máquinas agrícolas) e uma redução na utilização dos sem especialização, ocasionando mudanças na organização do trabalho.

Ainda segundo Nadal(opus cit.), a colheita mecanizada da cana tem também seus problemas, entre eles:

- Preço da máquina, que chega a 200 mil dólares. Alguns apresentam equipamento GPS (Global Positioning System) e computadores de bordo;
- Exigência de um profissional mais qualificado, diminuindo, portanto as frentes de trabalho;
- altura do corte realizado pelas lâminas da colhedora, bem como terrenos com alta declividade e certas variedades de cana também não são favoráveis à colheita mecanizada.

De um ponto de vista social, a colheita mecanizada pode causar grande desemprego, já que uma colhedora é capaz de substituir de 80 a 90 trabalhadores por dia. No entanto, ao mesmo tempo, ela emprega outras 10 e qualifica seu trabalho e no topo da carreira, o salário de um operador pode chegar a R$ 1.500,00. Com a intensificação da mecanização na colheita da cana, as vagas de cortadores diminuirão, devendo ser absorvidos no desempenho de outras atividades, como operador de máquinas, tratores e equipamentos.

Para Nadal (2008), apesar dos prós e contras, a mecanização na lavoura da cana não é imediata nem irrestrita, mas sim lenta e gradual, e serão necessários de 7 a 15 anos para a implantação total da mecanização, mas com a certeza de ser um processo irreversível.

Entretanto, a contenda que merece destaque é o embate entre o aspecto social e o ambiental resultante da mecanização. Atualmente, apenas 30% das lavouras de cana-de-açúcar brasileiras são colhidas por máquinas. No Estado de Minas Gerais, na safra 2007/2008, 30,2% da colheita foi mecanizada e 69,8% manual. Já para a safra 2008/2009, a colheita mecanizada será feita em 37,6% da área plantada e 62,4% continuará sendo realizado de forma manual. (MARTINS, 2009)

A mecanização como um processo irreversível terá no Zoneamento Agroecológico um instrumento, uma vez que seu objetivo de implantação de políticas públicas voltadas para o ordenamento da expansão sustentável do cultivo da cana-de-açúcar para fins industriais deverá, dentre outras coisas, de acordo com seus impactos relevantes esperados, proporcionar:

- Aumento da ocupação permanente da mão-de-obra local, com a substituição da colheita manual pela mecânica;
- Geração de renda ao longo do ano durante o ciclo da cultura (estabilidade econômica e otimização do uso da mão-de-obra);
- Organização dos fornecedores de cana em cooperativas visando à colheita;

- Qualificação dos trabalhadores do setor face à tecnificação progressiva do cultivo, significando investimentos públicos e privados em educação e treinamentos especializados. (EMBRAPA, 2009)

3. CONCLUSÃO

A franca expansão do setor sucro-alcooleiro tem apresentado, também, uma maior discussão na sociedade em relação à saúde e condições de trabalhadores nessa atividade. Essas reflexões e estudos revelam impactos sociais incluindo a precarização dos alojamentos e dos meios de transporte, alimentação insuficiente, condições nocivas de trabalho, ausência de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) com agravamento dos riscos de acidentes e o desgaste prematuro á saúde dos trabalhadores, os denominados "*cortadores de cana*".

Estima-se que 900 mil pessoas trabalhem como cortadores de cana no Brasil, e perante a importância da produção na economia do país, e desse considerável número de trabalhadores envolvidos no setor, faz-se necessário maiores estudos a cerca dos principais impactos sociais originados por essa atividade. Estudos esses que viriam melhor identificar, diagnosticar e propor medidas para a resolução do problema. Dessa forma proporcionando aos trabalhadores, o direito a vida, condições de segurança do trabalho, moradias e alimentação dignos (preservando a saúde e a integridade física e psíquica) e garantindo assim a sustentabilidade social do setor.

4. REFERÊNCIAS

ALVES, F. **Por que morrem os cortadores de cana?(**2007) Disponível em http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v15n3/08.pdf Acesso em 04 de abr. 2010

ANDRADE, J.M. **Impactos ambientais da cana-de-açúcar**: subsídios para a gestão. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz/USP, 2007. 103 p. (Monografia).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar** . Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2009. 55 p

FEAGRI – Faculdade de Engenharia Agrícola. **Colheita de cana-de-açúcar**: um caso especial(2009).Disponível em http://www.feagri.unicamp.br/unimac/tipos.htm Acesso em 2 nov.2009

GONZAGA, M. C. **O uso dos equipamentos individuais de proteção e das ferramentas de trabalho no corte manual da cana - de – açúcar** (2002) Disponível em http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/teses_pdf/Rel.2005-BoaVista.pdf Acesso em 04 de abr. 2010

LAAT, E. F.; VILELA, R. A .G. **Desgaste fisiológico dos cortadores de cana-de-açúcar e a contribuição da ergonomia na saúde do trabalhador**. Disponível em:

http//www.efdeportes.com/Revista Digital – Buenos Aires, ano 12, nº 111, agosto de 2007. Acesso em 26 de Marc 2010

LIMA, E.S. **Etanol**: combustível da exploração do trabalho no campo (2007) Disponível em http://www.brasildefato.com.br/v01/agencia/etanol-combustivel-da-exploracao-do-trabalho-no-campo Acesso em 04 de abr. 2010

MARTINS, M. S. R. **Os impactos sociais e econômicos da mecanização da cana-de-açúcar** (2009). Disponível em http://www.portaldoagronegócio.com.br Acesso em 26 de Marc 2010

NADAL, O. E. **Colheita mecanizada da cana - de - açúcar** (2008). Disponível em http://www. olicana.com. br Acesso em 12 nov.2009

PADRÃO, L. N. **O trabalho na cana-de-açúcar:** reestruturação produtiva e novas práticas gerenciais. (1996) Disponível em http://www.seade.gov.br/produtos/spp/v11n01/v11n01_14.pdf Acesso em 26 Març. 2010

PASTORAL DOS MIGRANTES - Textos. **Agrocombustiveis solução?** A vida por um fio no eito dos canaviais. Guariba/SP. Editora Centro de Capacitação da Juventude (CCJ), 2008. 84 p

SILVA, M. A. M. **Trabalho e trabalhadores na região do "mar de cana e rio de álcool".** São Paulo, EDUFSCar, 2007, p. 55-86

ABORDAGENS E FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

DUARTE, Carla Grigoletto
Engenheira Ambiental. Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental na EESC/USP;
carla.duarte@usp.br

MALHEIROS, Tadeu Fabrício
Professor doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP;
tmalheiros@usp.br

Palavras-chave: sustentabilidade, avaliação de sustentabilidade, avaliação integrada, indicadores de sustentabilidade.

AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

O debate sobre o modelo de desenvolvimento destacou-se ao longo do século XX. As evidências de impactos ambientais negativos e redução da qualidade ambiental induziram questionamentos sobre a relação dos sistemas naturais e antrópicos, com a emergência dos debates sobre o desenvolvimento sustentável.

Porém, ainda que atualmente exista uma concordância geral de que o desenvolvimento sustentável se constitui como um objetivo de política pública adequada, existe uma considerável incerteza sobre como colocá-lo em prática no âmbito de atuação de organizações governamentais, indústrias e para a sociedade em geral.

A maior dificuldade se trabalhar na temática da sustentabilidade, segundo Hardi e Zdan (2000), é o desafio de explorar e analisar um sistema holístico. Para estes autores, uma visão holística não requer apenas uma visão dos sistemas econômico, social e ecológico, que por si só são complexos, mas também a interação entre esses sistemas.

E essas interações normalmente amplificam a complexidade das questões, criando obstáculos para aqueles que estão preocupados com o gerenciamento e a avaliação de sistemas que busca realizar uma avaliação de sustentabilidade (VAN BELLEN, 2004).

Gibson (2006b) afirma que várias iniciativas em avaliação de sustentabilidade, com vários formatos e vários títulos foram difundidas em muitos países, citando as iniciativas de avaliação de projetos de mineração no Canadá, Namíbia e África do Sul, de infra estrutura urbana na China, e de planejamento regional na Inglaterra. Para que seja feita uma avaliação de sustentabilidade é preciso definir objetivos de sustentabilidade, identificar indicadores e modelos adequados e coerentes com os objetivos definidos e incluir considerações de sustentabilidade na construção de cenários quando for o caso.

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo apresentar alguns atributos e ferramentas usadas na avaliação de sustentabilidade.

ABORDAGENS EM AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

Hacking e Guthrie (2008) apresentam as diferenças entre as avaliações baseadas no *Triple Bottom-Line* (tripé da sustentabilidade), *Integrated Assessment* (Avaliação Integrada) e a *Sustainability Assessment* (Avaliação de Sustentabilidade).

Ao estudar as diferentes experiências e enfoques nessas avaliações, os autores encontraram convergências em três atributos, ilustrados como eixos em uma figura tridimensional (figura 1). Esses atributos são:

- Abrangência, com a inclusão de diversas temáticas, apresentado no eixo *comprehensiveness*;
- Integração, referindo-se à forma como os diversos temas abordados são relacionados, conectados, comparados ou combinados, apresentado no eixo *integratedness;*
- Estratégia, com perspectiva abrangente e prospectiva, referindo-se a consideração de incertezas, impactos cumulativos, alternativas, recortes temporal e espacial adequados, apresentado no eixo *strategicness.*

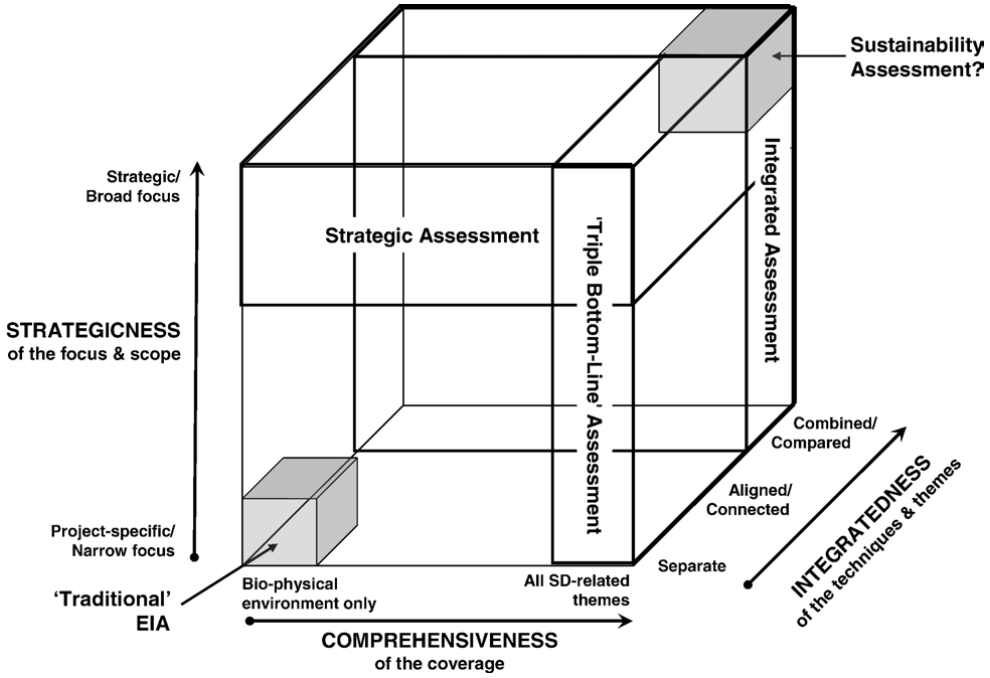


Figura 1. Atributos de avaliações e a avaliação de sustentabilidade
Fonte: Hacking e Guthrie (2008)

As diferentes propostas de avaliação orientadas ao desenvolvimento sustentável alcançam graus variados ao longo de cada eixo da figura. A avaliação de impacto ambiental tradicional, que aborda apenas aspectos biofísicos seria um recorte com pouca abrangência, integração e estratégia. O TBL, apesar de apresentar abrangência e potencial de ser estratégico,

não possui significativa capacidade de integração. A Avaliação Integrada teria ampla abrangência de temas e também de integração entre eles, e seu grau mais elevado de estratégia seria a avaliação de sustentabilidade.

A partir da proposta de Hacking e Guthrie (2008), é possível perceber que a concepção tradicional de AIA, o modelo do TBL, e a Avaliação Integrada teriam importantes contribuições para a construção da avaliação de sustentabilidade, mas ainda não atendem a características consideradas pelos autores como essenciais para o desenvolvimento sustentável.

A falta de integração entre temas é abordada por diversos autores como fragilidade nas avaliações integradas ou de sustentabilidade. A separação do conceito de sustentabilidade nos três pilares do TBL enfatizaria interesses competitivos ao invés de proporcionar uniões e interdependências entre eles, dificultando a tarefa de integração (SHEATE *et al.*, 2003; GIBSON, 2006a, GIBSON, 2006b).

Mebratu (1998) afirma que o TBL pode levar ao risco da soma das partes ser menor que o todo. Isto é particularmente verdade se não são entendidas as inter-relações entre os três pilares adequadamente, dessa forma então, sustentabilidade fica reduzida a uma consideração de fatores ambientais, sociais e econômicos separados. Gibson (2006a) argumenta que raramente as preocupações em nível estratégico ou de projeto pertencem exclusivamente a área social, econômica ou ambiental. No entanto, o uso do TBL deixa evidente a inclusão de questões ambientais em processos de planejamento.

Uma possível abordagem que permite alcançar as três características propostas por Hacking e Guthrie (2008) é apresentada por Gibson (2005), que propõe processos de avaliação de sustentabilidade baseados em princípios (*principle based*), iniciando por uma seleção geral e incluindo aspectos específicos do contexto no qual se está trabalhando. Uma proposta de princípios gerais é apresentada do quadro 1.

Após a identificação de pontos chave para a elaboração de um estudo de avaliação de sustentabilidade, é necessário escolher ferramentas adequadas para conduzir o processo, sem perder de vista os objetivos propostos no planejamento inicial.

A proposta de Gibson (2005) potencializa a integração entre diferentes áreas do conhecimento à medida que estabelece um conjunto objetivos comuns para o grupo de planejadores e *stakeholders*, o que pode diminuir as tensões e disputas de sub-grupos. Porém, é preciso lembrar que a capacitação dos envolvidos em abordagens integradas é fundamental para que ao longo do processo de avaliação mesmo esses princípios não sejam tratados de forma individualizada. Atualmente, a formação dos profissionais ainda é altamente disciplinar, havendo

uma série de lacunas para uma abordagem que seja, de fato. Integrada entre diferentes campos do conhecimento.

Quadro 1. Critérios gerais para avaliação de sustentabilidade propostos por Gibson (2005)

Integridade do sistema sócio-ecológico Construir relações sociedade-ambiente que estabeleçam e mantenham a integridade dos sistemas socioambientais a longo prazo, e protejam as funções ecológicas que são insubstituíveis e das quais dependem a vida humana e a qualidade ambiental.
Suficiência e oportunidade de sustento Garantir que cada indivíduo e cada comunidade tenham sustento suficiente para uma vida digna e que todos tenham oportunidade de buscar melhorias de forma a não comprometer a capacidade de sustento das gerações futuras.
Equidade intrageracional Garantir a suficiência e eficácia de opções para todos, reduzindo lacunas de suficiência e oportunidade (e de saúde, segurança, reconhecimento social, influência política, etc.) entre os ricos e pobres.
Equidade intergeracional Favorecer opções e ações no presente que são mais passíveis de manter ou aumentar as oportunidades e capacidades das gerações futuras a viver sustentavelmente.
Manutenção e eficiência de recursos Proporcionar uma base maior para garantir meios de subsistência sustentáveis para todos, enquanto reduz ameaças a longo prazo para a integridade de sistemas socioambientais, evitando resíduos e reduzindo o consumo de matéria e energia.
Civilidade socioambiental e governança democrática Construir capacidades, motivação e inclinação dos indivíduos, comunidades e outros órgãos coletivos de decisão a aplicar requisitos de sustentabilidade, por meio de decisões mais abertas, uma maior atenção ao estímulo de uma consciência e responsabilidade coletiva, e um maior uso de práticas de decisão administrativas, de mercado e pessoais.
Precaução e adaptação Considerar incertezas, evitar os riscos de danos graves ou irreversíveis para os fundamentos da sustentabilidade, planejar para aprender, projetar surpresas, e gerir a adaptação.
Integração entre situação atual e de longo prazo Aplicar todos os princípios de sustentabilidade ao mesmo tempo, buscando benefícios, e ganhos múltiplos.

Fonte: Tradução livre de Gibson *et al.* (2005).

A proposta de Gibson (2005) está ligada aos atributos abrangência e integração da proposta de Hacking e Guthrie (2008). Quanto à estratégia, será definida a partir do contexto em que a avaliação será desenvolvida, podendo incluir a consideração de incertezas, impactos cumulativos, alternativas, recortes temporal e espacial adequados.

AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE: FERRAMENTAS EXISTENTES

Ness *et al.* (2007) apresentam um estudo de tipos de ferramentas de avaliação de sustentabilidade existentes. Os autores apresentam um esquema, mostrado na figura 2, no qual definem três tipos de ferramentas: 1) índices e indicadores, que podem ser do tipo não integrado, de fluxos de matéria e energia e integrado; 2) ferramentas de avaliação de produto, com foco nos fluxos de matéria e energia numa perspectiva do ciclo de vida; e 3) avaliação integrada, que é um conjunto de ferramentas normalmente focado em políticas ou execução de projetos. Existe também a categoria abaixo do diagrama usado para situações em que são usadas ferramentas de valoração. As ferramentas estão organizadas no tempo, de retrospectivas a prospectivas. O esquema é apresentado na figura 2.

Ao analisar essas ferramentas, Ness *et al.* (2007) indicam que há uma contradição no que diz respeito ao desenvolvimento de ferramentas de avaliação de sustentabilidade, pois há uma demanda por abordagens mais específicas e detalhadas de alguns temas, ao mesmo tempo em que há demandas por ferramentas abrangentes, a serem usadas por diferentes grupos em circunstâncias variadas.

Quanto aos indicadores, é possível observar que nessa última década, houve uma profusão de esforços na construção de indicadores de desenvolvimento sustentável (IISD, 2010), alguns deles integrados a processo de construção de Agendas 21 locais, em âmbito de países e municípios. Malheiros *et al.* (2008) destaca o papel dos indicadores de sustentabilidade nas etapas de diagnóstico e prognóstico, como ferramenta de estabelecimento de visão de conjunto e maior integração dos componentes de sustentabilidade, e na etapa de implementação, que exige processo de avaliação de resultados em relação às metas de sustentabilidade anteriormente estabelecidas. Dessa forma, são criadas condições adequadas de acompanhamento pelas partes interessadas, alimentando o processo decisório.

Singh *et al.* (2009) destacam que os indicadores evidenciam fenômenos e destacam tendências, simplificando, quantificando, analisando e comunicando informações complexas. A multi-dimensionalidade dos índices e indicadores é uma das suas principais vantagens.

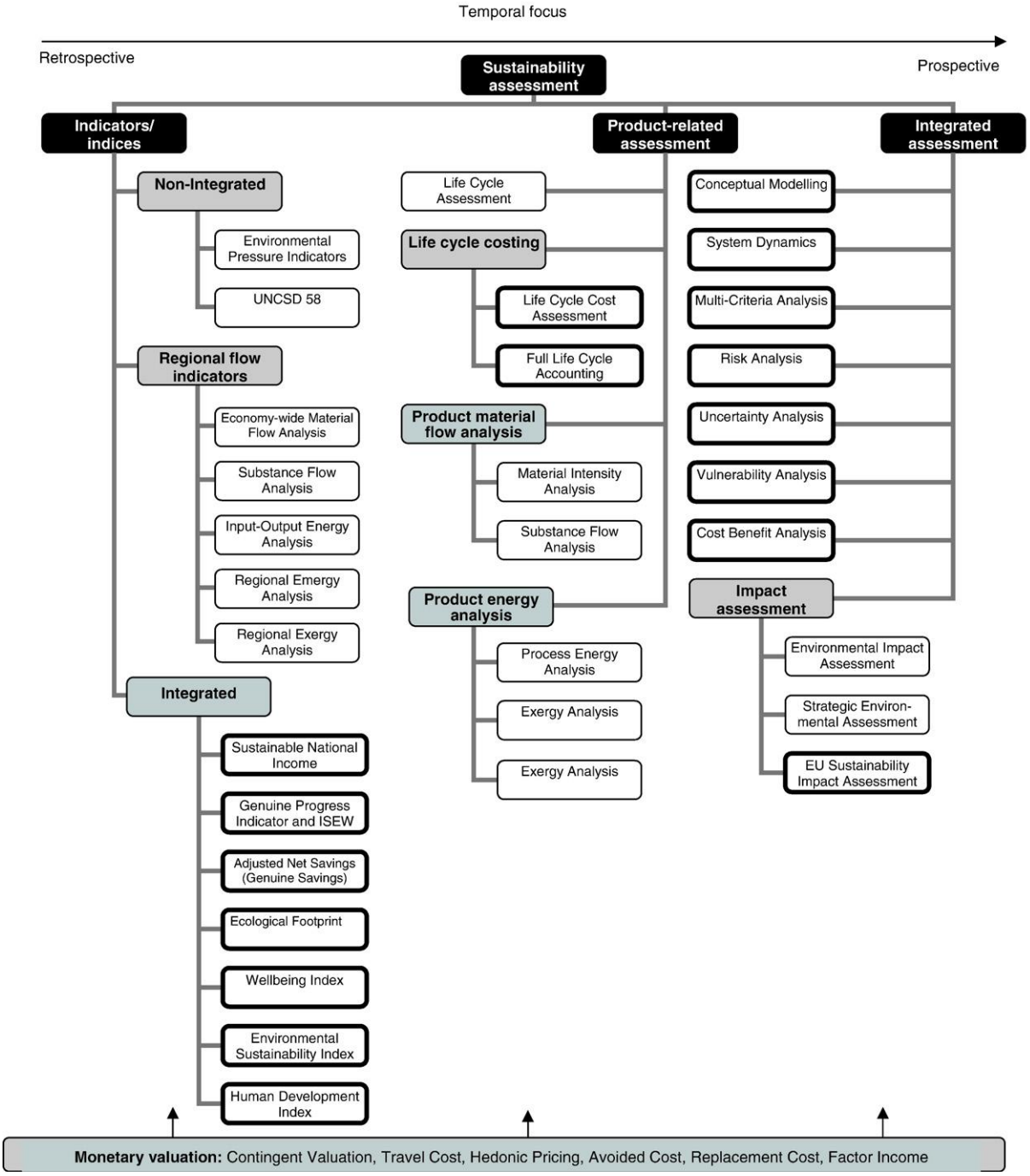


Figura 2. Tipos de ferramentas de avaliação de sustentabilidade.
Fonte: Ness *et al.* (2007).

Os autores afirmam que, dentre os vários esforços internacionais de avaliar a sustentabilidade, apenas alguns deles têm um enfoque integral, considerando aspectos ambientais, econômicos e sociais de forma equilibrada. Na maioria dos casos, o foco está em um dos três aspectos. Porém, complementam que embora se possa argumentar que poderiam servir para complementar um ao outro, sustentabilidade é mais do que uma agregação de questões

relevantes, incluindo suas interligações e a dinâmica desenvolvida em um sistema, o que é o mais difícil de capturar e refletir nas medições com indicadores.

Böhringer e Jochem (2007) analisaram a construção de alguns índices de sustentabilidade[4] e concluíram que eles não cumprem exigências científicas fundamentais, o que os torna pouco úteis e até enganosos para orientar políticas públicas. Os processos de normalização e atribuição de pesos revelaram um alto grau de arbitrariedade, e na agregação, os procedimentos para garantir a consistência dos resultados não foram considerados.

Acerca das ferramentas de avaliação de produto, Ometto (2005) afirma que a gestão ambientalmente adequada baseada no produto pode reduzir o consumo de recursos naturais, a geração de resíduos, de efluentes e de emissões, ampliando as atividades econômicas e a quantidade de empregos. Assim, a engenharia de ciclo de vida pode contribuir com o desenvolvimento econômico e com melhorias ambientais e ganhos sociais, auxiliando a sustentabilidade. O autor considera que uma das formas mais integradas, completas e eficazes para a gestão ambiental de atividades produtivas é baseada no ciclo de vida do produto, sendo a Avaliação do Ciclo de Vida sua principal ferramenta. A ACV avalia os impactos ambientais de toda a cadeia de produção de um produto por meio de métodos provenientes da termodinâmica.

Os métodos de avaliação integrada reúnem outras ferramentas, incluindo indicadores e análises de produto. Os exemplos de avaliação integrada no esquema de Ness *et al.* (2007) são variados em objetivos, funcionamento e em suas bases em diferentes áreas do conhecimento. As Avaliações Integradas são usadas geralmente para avaliações *ex-ante*, e muitas vezes utilizam a construção de cenários, considerando elementos da sociedade e do meio ambiente. Dentre elas, a análise multi-critério, a análise de risco, a análise de vulnerabilidade e a análise custo-benefício não são focados apenas em sustentabilidade, mas em problemas multidisciplinares de uma forma geral.

As avaliações integradas podem considerar dois ou mais temas, e variam em seus graus de complexidade. A Sociedade de Avaliação Integrada (*The Integrated Assessment Society - TIAS)* define avaliação integrada (TIAS, 2010) “como ciência meta-disciplinar que integra conhecimentos sobre um problema e o torna disponível para a aprendizagem social e processos decisórios”.

A Avaliação Integrada foi desenvolvida inicialmente para aplicação em estudos de chuvas ácidas, mudanças climáticas, degradação do solo, gestão da qualidade da água e ar,

[4] Living Planet Index (LPI), Ecological Footprint (EF), City Development Index (CDI), Human Development Index (HDI), Environmental Sustainability Index (ESI), Environmental Performance Index (EPI), Environmental Vulnerability Index (EVI), Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW), Well Being Index (WI), Genuine Savings Index (GS), Environmental Adjusted Domestic Product (EDP)

gestão florestal e de pesca e de saúde pública, e atualmente é utilizada para construir, estudar e solucionar problemas em divesas escalas espaciais e temporais (TIAS, 2010).

Van der Sluijs (2002) afirma que a avaliação integrada é particularmente útil para análise de problemas complexos reais que ocorrem em escalas diferentes de tempo e espaço, imersos em incerteza e para os quais os riscos são altos. Afirma ainda que a AI objetiva levar uma compreensão inovadora e algumas vezes contraintuitiva ao invés de soluções existentes.

Rotmans (2006) afirma que as ferramentas de avaliação integrada devem considerar cinco princípios: interdisciplinaridade, teoria dos sistemas complexos, não linearidade dos conhecimentos geracionais, processo de aprendizagem e sistema de inovação ao invés de sistemas de otimização.

DISCUSSÃO

Os tipos de ferramentas apresentadas por Ness *et al.* (2007) podem ser avaliados também a partir dos atributos das avaliações apresentados por Hacking e Guthrie (2008)

É possível perceber que os indicadores e índices possuem potencial alto de abrangência devido a flexibilidade na inclusão de temas, médio para integração, já que é possível relacionar indicadores, mas nem combiná-los produz bons resultados, e médio-alto para estratégia, mesmo que seja possível definir escopo e foco abrangentes e ter adequado recorte espacial e temporal, os indicadores dependem de modelos e estudos mais detalhados para incluir impactos cumulativos e incertezas.

As avaliações de produto, em especial a ACV, possuem potencial médio para os três atributos, principalmente devido ao próprio recorte no ciclo devida do produto, que limita a abrangência, escalas, escopo e foco.

A Avaliação Integrada possui grande potencial de abrangência para as três categorias, devido a flexibilidade para a construção e seleção de modelos e objetivos adequados.

Essas ferramentas são usadas em contextos variados, sendo que o uso de uma ou outra depende dos objetivos estabelecidos para aquele contexto, bem como de outros fatores ligados ao planejamento, como a escala espacial e temporal adequada, o recorte, e a necessidade de informações detalhadas.

O modelo conceitual apresentado por Hacking e Guthrie (2008) apenas dá orientações que auxiliam a compreender alguns dos desafios para se avaliar sustentabilidade. O desafio de desenvolver e combinar ferramentas envolve ainda muitas outras questões que permeiam o debate da sustentabilidade.

A máxima abrangência, integração e estratégia implica, possivelmente, um número muito grande de informações a serem coletadas e analisadas. É preciso gerenciar essas informações para que produzam resultados específicos, atendendo a demandas e auxiliando processos de planejamento e de elaboração de políticas públicas.

Como a avaliação integrada não possui um formato único, alcançar a avaliação de sustentabilidade, como apresentada na figura 1 e colocá-las em prática, depende ainda da capacitação e compreensão tanto do conceito quanto das ferramentas existentes pelos envolvidos no processo, principalmente os coordenadores, que darão as diretrizes fundamentais para o desenvolvimento dos processos de avaliação.

REFERÊNCIAS

BÖHRINGER, C.; JOCHEM, P.E.P. Measuring the immeasurable -- A survey of sustainability indices. **Ecological Economics**, v.63, n.1, pp. 1-8, 2007

GIBSON, R.B. Beyond the pillars: sustainability assessment as a framework for effective integration of social, economic and ecological considerations in significant decision-making. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**. v. 8, n. 3, pp. 259–280, set. 2006a.

GIBSON, R.B. Sustainability assessment: basic components of a practical approach. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 24, n. 3, pp. 170–182, set. 2006b.

GIBSON, R.B.; HASSAN, S.; HOLTZ, S.; TANSEY, J.; WHITELAW, G. **Sustainability Asessment:** criteria and processes. London: Earthscan, 2005.

HARDI, P., ZDAN, T. J. **The Dashboard of Sustainability:** draft paper**.** Winnipeg: IISD. 2000.

IISD – INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Compendium**: a global directory to indicator iniciatives. Disponível em: <http://www.iisd.org/measure/compendium>. Acesso em: 30 jan. 2010.

MALHEIROS, T.F.; PHLIPPI JR., A.; COUTINHO, S.M.V. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro . **Saúde e Sociedade** [online], v.17, n.1, pp. 7-20. 2008.

MEBRATU, D. Sustainability and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review. **Environmental Impact Assessment Review**. v.18; pp 493–520. 1998.

NESS, B.; URBEL-PIIRSALU, E.; ANDERBERG, S.; OLSSON, L. Categorising tools for sustainability assessment. **Ecological Economics**, v.60, n.3, pp. 498-508, 2007.

OMETTO, A. R. **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, Exergia e Emergia**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

ROTMANS, J. Tools for Integrated Sustainability Assessment: A two-track approach. **The Integrated Assessment Journal**. v. 6, n. 4, pp. 35–57, 2006.

SHEATE, W; DAGG, S; RICHARDSON, J; ASCHEMANN, R; PALERM, J; STEEN, U. Integrating the environment into strategic decision-making: conceptualizing policy SEA. Eur Environ 2003;13(1):1–18.

SINGH, R.K., MURTY, H.R., GUPTA, S.K. AND DIKSHIT, A.K. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, v.9, n. 2, pp. 189-212, 2009.

TIAS - THE INTEGRATED ASSESSMENT SOCIETY. About Integrated Assessment. <http://www.tias.uni-osnabrueck.de/integrated_assessment.php>. Acesso em 15 mar. 2010.

VAN BELLEN, H. M. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Revista Ambiente e Sociedade** [online], Campinas, v. 7, n. 1, 2004.

VAN DER SLUIJS, J.P. Integrated Assessment. In: TOLBA, M.K. (ed.) **Encyclopedia of Global Environmental Change.** (v.4, Responding to global environmental change). pp 250–253. 2002.

A HISTÓRIA AMBIENTAL DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO

BERTAZI, Marcio Henrique*
MALHEIROS, Tadeu Fabrício
*Graduando em Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo
marciobertazi@gmail.com

Palavras-chave: história ambiental; gestão ambiental; cana-de-açúcar.

A história ambiental, como disciplina ou área de pesquisa tem bases recentes, cujas primeiras discussões datam da década de setenta. Seus conceitos intrínsecos de inserir as ações humanas como potenciais modificadoras do meio ambiente, ao mesmo tempo em que este determina o real desencadeamento daquelas, requerem amplos espaços nos debates acerca dos reais rumos do desenvolvimento das sociedades antrópicas contemporâneas.

A compreensão dos fatores históricos vinculados às formas de interferência no meio ambiente transforma-se em um válido instrumento no estudo da gestão ambiental das atividades humanas, na medida em que esclarece os distintos modos de interferência sobre o meio, em detrimento do tempo, do espaço, dos sistemas políticos e econômicos de cada período histórico, dentre outros contextos, e propicia, a partir desta conjetura, extrapolações de cenários passíveis de impactos cujas proporções sejam reduzidas ao máximo possível.

A cultura da cana-de-açúcar, como relevante elemento propulsor da economia paulista, vem gerando, historicamente, impactos sócio-ambientais que necessitam de correta avaliação e mitigação. A compreensão de sua introdução e evolução – por meio de abordagens mundiais e regionais – oferece um inovador panorama de ação para propostas de minimização dos passivos ambientais atrelados a essa cultura.

O objetivo deste artigo visa investigar os modos pelos quais a história ambiental pode transformar-se em um imprescindível instrumento na gestão ambiental, especificamente na cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

O inegável sucesso desta cultura, principalmente atrelado à produção de etanol e açúcar, vem sendo, desde sua introdução, responsável por distintos impactos ambientais no meio em que se desenvolve(u). A compreensão destes impactos, em uma perspectiva absolutamente ambiental, entretanto, não é suficiente para abranger os conceitos fundamentalmente necessários ao real entendimento da relação entre essa cultura agrícola e os meios sócio-ambientais.

O etanol, como combustível dito *renovável*, vem sendo utilizado no país desde a década de 70, a partir da iniciativa brasileira denominada Programa Nacional do Álcool (Proálcool), instituído por meio da Lei n.º 76.593, do Governo Federal. As pesquisas e o

desenvolvimento da produção da cana-de-açúcar, a partir deste marco político-econômico, obtiveram maiores investimentos e o seu crescimento tornou-se evidente nos períodos subseqüentes (COELHO *et al*, 2007).

A história ambiental, portanto, desponta como uma nova ciência que visa a compreensão das relações ocorrentes entre a sociedade humana e o meio ambiente, partindo do objetivo moral e acadêmico de aprofundar os conhecimentos necessários para a compreensão de como, através dos períodos históricos, os seres humanos foram afetados pelas características de seus ambientes naturais contemporâneos e, inversamente, quais foram as ações e os resultados da interferência antrópica nestes ambientes (WORSTER, 1991).

Desse modo, a história ambiental exclui a tradicional e maçante visão histórica na qual a experiência do desenvolvimento humano ocorreu sem restrições ambientais; pelo contrário, torna-se válido afirmar que as conseqüências ecológicas das realizações passadas são relevantes para os estudos atuais (WORSTER, 1991).

As sociedades humanas promovem-se em um tempo cujo fundamento é cultural e ao mesmo tempo, consciente. “A cultura humana age sobre o meio físico-material, propiciando significados e usos complexos dos seus elementos” (DRUMMOND, 1991). A provável escassez de alimentos, vinculada à crescente pressão demográfica, fez com que se tornasse necessário o desenvolvimento de novas habilidades no uso dos recursos naturais (WORSTER, 1991). A agricultura, pois, tal como hoje apresenta-se, consistiu em uma contínua construção cultural de sociedades que buscavam (e ainda buscam) a adaptação (ou acomodação?) ao meio no qual se desenvolvem.

O que antes, no entanto, consistia em uma prática de subsistência cujos excedentes eram reduzidos e a diversidade de culturas cultivadas elevada, transformou-se, entre os séculos XV e XVIII, em uma nova concepção no uso da terra. O sistema capitalista insere a produção que visa o lucro; intensifica, desse modo, não apenas a produção de alimentos, mas, sobretudo, a acumulação pessoal de capital. Isso significou uma tendência clara à “simplificação radical da ordem ecológica natural no número de espécies encontradas em uma área e o intrincado de suas interconexões” (WORSTER, 1991).

A produção agrícola, outrora variada, alcançou gradativamente menor rentabilidade ao passo que a terra transformou-se em um conjunto de instrumentos especializados de produção. A esse processo corresponde uma nova ‘organização’ do sistema agroecológico: a *monocultura* (WORSTER, 1991). A monocultura, como ocupação abrangente e especializada de um território, favorece o cultivo intensivo do solo, a aplicação contínua de fertilizantes inorgânicos para a maior rentabilidade possível, a veemente irrigação, o controle de pragas por mecanismos químicos e

uma variedade parca e específica de plantas destinadas a uma cultura privativa e imediatista (BALSAN, 2006).

Há uma evidente limitação ambiental ao modelo monocultor: a perda da biodiversidade. A especialização da produção cria não só um contexto industrial no meio rural, mas aprisiona a naturalidade com que os bancos genéticos de sementes se evidenciam. Ao concentrar a produção em uma única espécie, adaptada às intempéries de uma determinada região, subjuga-se toda a sinergia do ambiente produtivo. Contextualizar a cana-de-açúcar neste modo contraditório de cultivo agrário torna-se relevante para uma análise histórico-ambiental.

A abordagem histórico-ambiental, aliás, fundamenta-se em três níveis distintos, mas de investigação necessariamente única (WORSTER, 1991). O primeiro deles aborda o real entendimento da natureza, isto é, quais suas formas de organização no passado, incluindo-se nestas os elementos orgânicos e inorgânicos da natureza.

O segundo nível, por sua vez, procura investigar o aspecto sócio-econômico na medida em que este se relaciona com o ambiente do entorno. Incluem-se neste ínterim os modos de produção de cada sociedade, as relações sociais derivadas destes e os recursos ambientais necessariamente utilizados (WORSTER, 1991).

De relevância revolucionária à agricultura, por exemplo, um novo instrumento antrópico fez com que a intervenção sobre o meio tivesse uma preponderância extremamente evidente: o arado. Vinculado à tração animal, durante a Revolução Urbana, sua introdução na agricultura adquire um caráter proeminente até o final do século XIX. Sua utilização significou, não só um processo de intensificação das vertentes agrárias humanas, mas mais um fator para a sedentarização dos agrupamentos antrópicos no meio (RIBEIRO, 1979; PÁDUA, 2004).

O último nível concerne à interação humana, única e inatacável, em sentido intelectual, nas esferas perceptivas, éticas, legais, míticas, enfim, que partem, sob um ponto de vista absolutamente semelhante, do conceito cultural das sociedades (WORSTER, 1991).

A cultura antrópica baseia-se em um processo longo e adaptativo; a escolha de um meio e de uma seqüência lógica de ações para com este baseia-se na própria questão de sobrevivência de um grupo, por meio de limitações e possibilidades. Trata-se de um processo multissecular: os padrões culturais são definidos pela experiência adquirida por sucessivas gerações. Há, de modo geral, maior facilidade na transferência de traços culturais ao longo do tempo; complexos culturais inteiros possuem pouca versatilidade neste processo de transmissão. Em um contexto agrário, por exemplo, a introdução de ferramentas e métodos de cultivo em um determinado território encontra barreiras menos significativas do que a substituição completa de uma cultura (WILLEMS, 2009).

As metodologias adequadas para um estudo de um contexto histórico ambiental podem ser elencadas sob distintos enfoques, variando-se as suas características em detrimento dos reais objetivos do exame. Em primeiro lugar, as análises realizadas procuram centralizar uma região com alguma identidade ou mesmo homogeneidade natural. Sendo assim, tornar como objetivo de análise a cana-de-açúcar, faz com que seja necessário definir quais circunvizinhanças físicas devem ser incluídas no estudo, tanto quanto à evolução e distribuição do elemento agrícola (escalas mundiais) como a processos geograficamente circunvizinhos, por meio da história regional (DRUMMOND, 1991).

A provável origem da cana-de-açúcar remete às regiões de climas tropicais. O local exato de seu surgimento encontra algumas dificuldades de alocação; há algumas evidências de que a Índia tenha sido o primeiro local a abrigar essa espécie, mas outros locais, de acordo com relatos, tradições, mitos e lendas, também postulam a origem da cana, como Polinésia e China. A relevância desta origem para um estudo histórico-ambiental, no entanto, concentra-se no fato de que o sucesso inicial de seu domínio em regiões aquém da faixa tropical do globo foi presumivelmente irrelevante. Desse modo, a análise inicial do desenvolvimento desta espécie atrelado ao cenário antrópico já tem alicerçados os seus extremos iniciais (DUFTY, 2009).

O diálogo sistemático com várias ciências naturais, sendo estas pertinentes ao correto entendimento das abordagens físicas e ecológicas do elemento específico de estudo, deve encerrar um caráter multidisciplinar, abrangendo esferas do conhecimento como geografia (solos e hidrologia), geomorfologia, climatologia, meteorologia, biologia vegetal, ecologia e engenharia ambiental. A integração entre todas estas esferas deve possibilitar a compreensão das relações da cana-de-açúcar com os meios antrópico e ambiental, avaliando o papel que as sociedades tiveram e ainda possuem na sua cultura, os limites encontrados neste percurso e as potencialidades de superação cultural e tecnológica destes limites (DRUMMOND, 1991).

O fato de a indústria têxtil européia, a partir de 1800, ter encontrado uma alternativa viável ao pau-brasil – que já se mostrava desfavorável economicamente – fez com que a cana-de-açúcar e a conseqüente produção de açúcar ganhassem espaço no cenário comercial brasileiro. A extração do pau-brasil, aliás, mostrava-se eminentemente impactante, uma vez que a retirada das árvores não era sucedida de replantio, além da queda das madeiras comercialmente requisitadas trazerem abaixo inúmeras outras espécies. O impacto deste comércio, entretanto, mostrou-se confinado às regiões costeiras e margens dos rios, regiões de fácil acesso e proximidade da navegação. Além disso, o Regimento do Pau-Brasil, de 1605, reservou ao poder da Coroa todas as espécies existentes nas capitanias. O século XVI, dessa forma, teve o açúcar como o alicerce e propulsor das exportações (MCNEILL, 1986; PÁDUA, 2004).

Partindo-se do ponto de vista de que os recursos tonam-se recursos apenas no momento em que estes são culturalmente identificados e avaliados (DRUMMOND, 1991), necessita-se averiguar as interações que a cultura de cana-de-açúcar, como recurso ambiental, obteve junto aos diferentes mecanismos civilizatórios das sociedades humanas que atrelaram ao cotidiano o seu cultivo nas mais diversas escalas de produção.

Uma clara evidência de que a produção de açúcar mostrava-se altamente consumidora de lenha, neste contexto, surge em uma estimativa realizada por McNeill (1986). Segundo este autor, para cristalizar uma tonelada métrica de açúcar – equivalente a mil quilogramas – em meados do século XVIII requeria-se aproximadamente cem metros cúbicos de lenha.

De fato, a construção das fornalhas dos engenhos de cana-de-açúcar no Brasil trazia consigo uma fragilidade técnica extremamente evidente. A voracidade com que se requisitava lenha para a continuidade do processo produtivo já inviabilizara algumas fazendas desta época, em virtude da excessiva pressão sobre os recursos madeireiros do território (PÁDUA, 2004).

Analisando-se o amplo debate a que a história ambiental procura atrair, um novo impulso deve ser incluído nos moldes de pesquisa: as numerosas e diversas fontes relacionadas ao estudo das relações entre as sociedades e os seus respectivos ambientes (DRUMMOND, 1991). Assim tornam-se importantes censos populacionais, leis e documentos governamentais, crônicas históricas, relatos de exploradores, enfim, fontes que visam esclarecer como a cana-de-açúcar inseriu-se no imaginário popular e dele faz parte na contemporaneidade.

A história ambiental encontra seu último caráter metodológico no processo de visitas a campo (DRUMMOND, 1991). Este pode se apresentar para averiguar dois critérios fundamentais no estudo do espaço afetado: a identificação das marcas deixadas na paisagem em detrimento da expansão da cultura de cana-de-açúcar e as percepções humanas oriundas destes traços inconstantes de mutabilidade.

CONSIDERAÇÕES

A gestão ambiental, na medida em que visa adequar as práticas sociais e econômicas a uma utilização racional dos recursos naturais, pode-se empregar do levantamento histórico-ambiental realizado para, não só avaliar as dimensões da interferência do cultivo da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, mas, inovadoramente, propor, a partir deste levantamento, cenários cujos impactos correlacionados podem ser reduzidos.

Além disso, o estudo integrado da evolução histórica da tecnologia responsável pela expansão canavieira auxilia na compreensão de como novos modos de produção podem ou não serem vantajosos em um sistema agrícola.

REFERÊNCIAS

BALSAN, Rosane. Impactos decorrentes da modernização da agricultura. **Campo-Território: revista de geografia agrária**, vol. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.

COELHO, Suani Teixeira; GUARDABASSI, Patrícia M.; LORA, Beatriz A.; MONTEIRO, Mª Beatriz C. A.; GORREN, Regiane. A sustentabilidade da expansão da cultura canavieira. **Cadernos Técnicos da Associação Nacional dos Transportes Públicos**, Centro Nacional de Referência em Biomassa, Universidade de São Paulo, São Paulo, vol. 6, 2007.

DRUMMOND, José Augusto. A história ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, vol. 4, n. 8, p. 177-197, 1991.

DUFTY, William. **Sugar Blues**: o gosto amargo do açúcar. Tradução de Ricardo Tadeu dos Santos. 8. ed. São Paulo: Ground, 2009. 235 p.

MCNEILL, John R. Agriculture, forests, and ecological history: Brazil, 1500-1984. **Environmental Review**, vol. 10, n. 2, p. 122-133, 1986.

PÁDUA, José Augusto. **Um sopro de destruição**: pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravista (1786-1888). 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2004. 318 p.

RIBEIRO, Darcy. **O processo civilizatório**: etapas da evolução sócio-cultural. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 1979. 257 p. (Série estudos de antropologia da civilização).

WILLEMS, Emílio. O problema rural brasileiro do ponto de vista antropológico. **Tempo Social, revista de sociologia da USP**, vol. 21, n. 1, p. 187-210, jun. 2009.

WORSTER, Donald. Para fazer história ambiental. Tradução de José Augusto Drummond. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, vol. 4, n. 8, p. 198-215, 1991.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E SUA RELAÇÃO COM A PRODUÇÃO DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO

SILVA NETTO, Joviniano Pereira da
Doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental na EESC-USP
Pesquisador do Núcleo de Estudos de Política Ambiental - NEPA
joviniano@usp.br

HANAI, Frederico Yuri
Docente da UFSCar, pesquisador do NEPA/EESC-USP
fredyuri@usp.br

MALHEIROS, Tadeu Fabrício
Docente da EESC-USP, pesquisador do NEPA
tmalheiros@usp.br

Palavras-chave: Sistema Municipal de Meio Ambiente;
produção de etanol de cana-de-açúcar; Estado de São Paulo.

INTRODUÇÃO

Discussões sobre as mudanças climáticas globais apontam para a necessidade de produção e consumo de alternativas energéticas renováveis. Nesse contexto, os chamados "agrocombustíveis", incluindo o etanol de cana-de-açúcar, vem se destacando mundialmente devido a sua capacidade produtiva e ao êxito do setor sucroalcooleiro no campo tecnológico.

O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, representando grande parcela na fabricação de etanol, com gradativo aumento nos deslocamentos externos e internos de investimentos e ampliação de áreas destinadas à monocultura canavieira, usinas e suas respectivas demandas por infra-estrutura e equipamentos associados.

Sabe-se que a necessidade de produção e consumo de combustíveis renováveis e ecologicamente mais adequados tem sido pauta de reuniões científicas internacionais, sendo que novos acordos vem sendo realizados, discutindo uma ampliação da participação dos agrocombustíveis nas matrizes energéticas, sobretudo dos países industrializados.

A agroindústria canavieira, junto a outras monoculturas, têm sido, historicamente, responsáveis pela redução de matas nativas e biomas, bem como pela emissão de poluentes que decorrem das queimadas dos canaviais. Além disso, há também perda e diminuição da biodiversidade e lançamento indiscriminado de vinhoto nos rios, apenas para citar alguns exemplos. Em contraponto, o uso do etanol melhora gradativamente a qualidade do ar nas cidades onde é utilizado, percebendo-se uma diminuição das substâncias tóxicas derivadas da queima de combustíveis fósseis.

Dessa maneira, é necessário que os impactos relacionados com a produção e uso do etanol de cana-de-açúcar, envolvendo seus aspectos políticos, técnicos e institucionais, sejam tratados de maneira sistêmica e integrada, buscando o completo entendimento das questões relacionadas com o uso e ocupação do solo, e como objetivo maior da presente pesquisa, das questões ligadas à gestão ambiental municipal e à sua capacidade de enfrentar os problemas ligados ao setor sucroalcooleiro no âmbito municipal.

O Sistema Municipal de Meio Ambiente, SISMUMA, quando estruturado de maneira correta, pode possibilitar capacidade para gerir os recursos naturais do município e conseguintemente, para responder às pressões exercidas pelo avanço do setor canavieiro, compatibilizando desenvolvimento econômico com qualidade ambiental. A consolidação do SISMUMA confere peso na administração municipal e possibilita maior articulação com as demais entidades locais, incorporando a variável ambiental nos planos, programas e projetos governamentais.

MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa é classificada como exploratória, pois estudos sobre a relação entre SISMUMA e produção de etanol de cana-de-açúcar ainda é um tema pouco estudado no Brasil. Busca-se com isso uma maior familiaridade com a complexidade referente à questão do etanol e o aprimoramento de ideias capazes de considerar os mais variados aspectos inerentes ao objeto de estudo.

Os procedimentos que foram utilizados consistiram em: a) Levantamento e análise bibliográfica de publicações científicas acerca da expansão produtiva do etanol de cana-de-açúcar no Brasil, especialmente no Estado de São Paulo, em bibliotecas e portais de periódicos; b) Levantamento e análise bibliográfica de publicações científicas sobre SISMUMA; c) Levantamento documental de normas, projetos e processos relacionados com a temática no Estado de São Paulo; d) Estudo de casos em Brotas e Araraquara, envolvendo entrevistas com os secretários de meio ambiente dos municípios, aplicação de questionários e entrevistas com membros do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, COMDEMA, de ambos os municípios.

A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE

A esfera local é frequentemente celebrada como a mais apropriada para ações ambientais e arranjos democráticos. Por meio da ação no nível municipal verifica-se um melhor tratamento das questões e problemas ambientais locais, e a possibilidade de participação da sociedade nos processos decisórios é ampliada significativamente. No entanto, verifica-se que a questão ambiental vem sendo tratada pelos municípios de maneira generalizada ou compartimentada, o que de certa forma apresenta dificuldades especialmente no que se refere à sua articulação política.

Um importante marco regulatório para a gestão ambiental do município é a Lei 6.938/1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente e cria o Sistema Nacional do meio Ambiente, SISNAMA, composto por entidades federais (órgãos setoriais), estaduais (órgãos seccionais) e municipais (órgãos locais) que estão empenhadas em disciplinar o uso dos recursos naturais e preservar a qualidade ambiental.

Ressalta-se que a Constituição Federal de 1988 passou a dar um maior destaque à questão e ao papel do município no que se refere a sua atuação no meio ambiente, destacando-se o artigo 225, que garante o direito de todos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado e sua conservação para as gerações futuras, e o artigo 30, que estabelece que aos municípios caiba legislar sobre assuntos de interesse local, suplementando a lei federal e estadual quando necessário (BRASIL, 1988).

Além das supracitadas, é preciso destacar outras leis e instrumentos que contribuem para a conservação dos recursos naturais no Brasil, a saber:

- Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998), que reforça a necessidade dos municípios brasileiros de apresentarem estrutura ambiental aparelhada no intuito de poderem usufruir do direito de exercer de polícia;
- Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999), que define as responsabilidades, as estruturas e a integração necessários entre os sistemas de educação ambiental;
- Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2007), que estabelece as diretrizes gerais da política urbana, incorporando importantes aspectos para inserção da sustentabilidade no desenvolvimento urbano.

Além desses instrumentos, destaca-se também a resolução nº 237/1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, que estabelece as atribuições municipais no licenciamento

de empreendimentos e atividades de impacto local, bem como daqueles que forem delegados por instrumento legal ou convênio pelo Estado (RESOLUÇÃO 237/1997, 1997).

Entretanto, para exercer suas competências no licenciamento, na formulação e implementação de políticas públicas, os municípios ainda necessitam passar por uma estruturação política, técnica e operacional. Além disso, precisam implantar os COMDEMAs, com caráter consultivo e deliberativo, bem como envolver a participação da sociedade nos processos de tomadas de decisões.

Assim, é urgente a necessidade dos municípios em instituir o SISMUMA, visando ao desenvolvimento territorial de uma maneira ambientalmente adequada. Por meio de uma sólida estruturação organizacional, que contemple diretrizes normativas e operacionais e implementação de ações gerenciais, tem-se um conjunto de medidas necessárias para o bom funcionamento do SISMUMA. De acordo com Milaré (1999), o SISMUMA institucionaliza toda a política ambiental, abrangendo o Poder Público e as comunidades locais no âmbito do planejamento.

Noções e princípios de participação popular, de governança ambiental e de sustentabilidade devem ser incorporados ao planejamento público do município, sendo que o SISMUMA basicamente é composto pelos seguintes órgãos:

- Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, COMDEMA, órgão superior do sistema que possui caráter consultivo, deliberativo e/ou normativo. O COMDEMA é responsável pela aprovação e acompanhamento das políticas ambientais do município;
- Secretaria, Diretoria, Coordenadoria, Departamento ou Núcleo de Meio Ambiente Municipal, devendo ser o encarregado pelo meio ambiente como órgãos de execução de atividades que pertençam à unidade administrativa;
- Outras secretarias municipais ou órgãos de administração, direta e indireta, incluindo dentre as instituições do governo, outros organismos não governamentais que atuem no município;
- Órgãos encarregados de gerir os recursos naturais, a conservação e preservação do meio ambiente, executando fiscalização das normas do meio ambiente;
- Fundo Municipal de Meio Ambiente, organismo que capta e gerencia recursos financeiros direcionados para a conservação dos recursos naturais e ambientais do município.

A gestão do meio ambiente é um processo contínuo e deve acompanhar as mudanças que se dão em detrimento de suas políticas e da organização do território. Além disso, é preciso considerar que os órgãos locais são indispensáveis para que haja atuação integrada dos vários elementos que compõem os sistemas nacional e estadual de meio ambiente.

Cabe mencionar que, segundo o IBGE (2008), apenas 18,7% dos municípios brasileiros possuem a estrutura do SISMUMA estabelecida de maneira integral, 22,6% contam com o Fundo Municipal do Meio Ambiente, 47,6% possuem COMDEMA e 77,8% têm algum tipo de estrutura para atuar na área ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O etanol de cana-de-açúcar pode ser uma alternativa viável na substituição e/ou incremento da matriz energética mundial, especialmente dos países desenvolvidos, mas é preciso que sua produção seja realizada de maneira ambientalmente adequada e menos impactante.

Há necessidade de tratar as questões ambientais do município de maneira integrada, incluindo a produção de cana-de-açúcar e etanol, o envolvimento e participação da sociedade.

O SISMUMA devidamente estruturado possibilita uma capacidade maior para os gestores atuarem, além de fornecer suporte para responder aos impactos negativos que o setor canavieiro e outras atividades desenvolvidas no município causam ao meio ambiente, propondo medidas mitigadoras e até mesmo orientando os envolvidos na escolha da melhor alternativa a utilizar.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil:** promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Senado, 1988.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de informações básicas municipais (Munic.).** Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

MILARÉ, Édis. Instrumentos legais e econômicos aplicáveis aos municípios. Sistema Municipal do Meio Ambiente. In: PHILIPPI JR., Arlindo; MAGLIO, Ivan Carlos; COIMBRA, José de Ávila Aguiar; FRANCO, Roberto Messias. **Municípios e Meio Ambiente:** perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil. São Paulo: ANAMA, 1999.

RESOLUÇÃO Nº 237/1997 DO CONAMA. Disponível em: <HTTP://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html> Acesso em 8 de dezembro de 2009.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pela concessão de bolsa de mestrado e financiamento da pesquisa.

SUSTENTABILIDADE E O PROJETO ETANOL VERDE DA SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

SANTOS, Eraldo Kobayashi
Graduando em Engenheira Ambiental na EESC/USP; eraldo.kobayashi@gmail.com

ESTEVES, Andressa dos Santos
Graduanda em Engenheira Ambiental na EESC/USP; dessinha_esteves@hotmail.com

POLIZEL, Juliana
Graduanda em Engenheira Ambiental na EESC/USP; julianapolizel.liamg@gmail.com

DUARTE, Carla Grigoletto
Eng. Ambiental; Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental EESC/USP; carlagd@gmail.com

MALHEIROS, Tadeu Fabrício
Engenheiro Civil e Ambiental. Professor da EESC/USP; tmalheiros@usp.br

Palavras-chave: Projeto Etanol Verde; Etanol; Sustentabilidade; Princípios de Bellagio.

1 - POLÍTICAS PÚBLICAS E BIOCOMBUSTÍVEIS

Antigamente, a idéia de cuidado ambiental era tratada como um freio no crescimento da produção. Hoje, as mudanças de preocupações ganham espaço em diversos setores, culminando na preocupação do crescente mercado verde e a valorização de um produto com cuidados ambientais.

Frey (2000) considera que é inquestionável que o descobrimento da proteção ambiental como uma política setorial peculiar levou a transformações significativas dos arranjos institucionais em todos os níveis de ação estatal. Ao considerar tal fato, houve uma transformação e reestruturação do processo político, em conseqüência da tematização da questão ambiental, culminando com a entrada de novos atores políticos como associações ambientais, institutos de pesquisa ambiental, repartições públicas encarregadas com a preservação ambiental.

Ainda que exista um déficit da cultura e igualdade política, diversas experiências bem sucedidas, principalmente por parte de administrações municipais, mostram que, havendo vontade política, é possível viabilizar ações governamentais pautadas pela adoção dos princípios de sustentabilidade ambiental conjugada a resultados na esfera do desenvolvimento econômico e social (JACOBI, 1999).

Com o crescente interesse e incentivo os governos dos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil na produção de etanol inclusive visando exportação, o desafio maior está em evitar que este apoio possa dificultar ou eliminar atividades alternativas que trariam maiores retornos.

Assim, a implementação de regulamentações e a criação de sistemas específicos de avaliação que poderão trazer, por exemplo, reduzir os riscos ambientais e de segurança alimentar na produção de biocombustíveis. A redução dos riscos ambientais potenciais da produção em grande escala pode ser possível por meio de avaliações que meçam e comuniquem o desempenho ambiental de biocombustíveis, numa escala maior que a unidade empresarial de produção, e que adotem uma visão abrangente, que inclua princípios de sustentabilidade.

Com a evidente exigüidade de petróleo no futuro e gradativa preocupação relacionada a emissões de gases causadores do efeito estufa, o etanol vem se destacando novamente no cenário mundial. No contexto brasileiro, a produção de etanol expandiu consideravelmente nos últimos anos. O etanol chega como o grande substituto do petróleo devido sua grande eficiência de energia utilizada em relação à quantidade de cana de açúcar e por ser renovável. No entanto, apesar do destaque por sua relativa menor agressão ao meio ambiente, ainda há fragilidades como a queimada da palha e os problemas de poluição do ar associados, bem como problemas relacionados aos efluentes resultantes do processo de fabricação do etanol, e as grandes extensões contínuas de monoculturas de cana-de-açúcar.

A Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo lançou, em 2007, o projeto Etanol Verde, com a proposta de estabelecer ações de melhoria ambiental no setor sucroenergético.

Assim, o presente artigo apresenta o projeto Etanol Verde com suas principais características e as diretrizes correlacionado o projeto com os Princípios de Bellagio, buscando identificar aspectos da sustentabilidade do projeto.

O conceito de sustentabilidade adotado no presente artigo segue as orientações do Relatório Brundtland de 1987, para o qual desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades das gerações presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

2 - PROJETO ETANOL VERDE

A Secretaria Estadual do Meio Ambiente possui o programa “21 projetos ambientais estratégicos”, sendo o Projeto Etanol Verde um deles, sendo seu maior objetivo a estimulação da produção sustentável, com o mínimo de impacto possível, tanto em relação aos recursos naturais, como a poluição e responsabilidade social. A proposta do projeto é de trazer uma nova abordagem de políticas públicas, buscando desenvolver tratativas com a iniciativa privada no setor sucroalcooleiro (SMA, 2010).

Em 2007, foram elaborados dois protocolos: primeiro entre a Secretaria do Meio Ambiente (SMA), a Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) e ÚNICA, representando a indústria; depois, entre as mesmas secretarias e fornecedores de cana-de-açúcar, representados pela ORPLANA. Os protocolos contam com adesão voluntária de indústrias e plantadores de cana-de-açúcar, que terão como obrigação a antecipação do prazo final de eliminação da queimada de cana, e singular para as indústrias, a minimização da poluição atmosférica de processos industriais e otimização da reciclagem e reuso adequados dos resíduos gerados no processo produtivo.

De acordo com o texto do acordo, os produtores e as indústrias de cana-de-açúcar que aderirem ao protocolo deverão:

a. Antecipar, nos terrenos com declividade até 12%, o prazo final para eliminação da queimada, de 2021 para 2014, adiantando o percentual da cana não queimada, em 2010, de 50% para 70% (para indústria, e 60% para produtores);
b. Antecipar, nos terrenos com declividade acima de 12%, o prazo final para eliminação da queimada, de 2031 para 2017, adiantando o percentual da cana não queimada, de 10% para 30% (para indústria, e 20% para produtores).
c. Não utilizar a prática da queima da cana-de-açúcar para fins de colheita nas áreas de expansão de canaviais;
d. Adotar ações para que não ocorra a queima, a céu aberto, do bagaço de cana, ou de qualquer outro subproduto da cana-de-açúcar;
e. Proteger as áreas de mata ciliar das propriedades canavieiras devido à relevância de sua contribuição para a preservação ambiental e proteção à biodiversidade;
f. Proteger as nascentes de água das áreas rurais do empreendimento canavieiro, recuperando a vegetação ao seu redor;
g. Implementar *Plano Técnico de Conservação do Solo,* incluindo o combate à erosão e a contenção de águas pluviais nas estradas internas e carreadores;
h. Implementar *Plano Técnico de Conservação de Recursos Hídricos,* favorecendo o adequado funcionamento do ciclo hidrológico incluindo programa de controle de qualidade da água e reuso da água utilizada no processo industrial;
i. Adotar boas práticas para descarte de embalagens vazias de agrotóxicos, promovendo a tríplice lavagem, armazenamento correto, treinamento adequado dos operadores e uso obrigatório de equipamento de proteção individual;
j. Adotar boas práticas destinadas a minimizar a poluição atmosférica de processos industriais e otimizar a reciclagem e o reuso adequados dos resíduos gerados na produção de açúcar e etanol;

No contexto do Etanol Verde, a Secretaria do Meio Ambiente e a Secretaria da Agricultura e Abastecimento elaboraram o *Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucroalcooleiro*, aliado a estratégia do Protocolo Agroambiental, com o intuito de estabelecer áreas adequadas para o cultivo de cana, para ajudar na ordem de ocupação e procedimento de licenciamentos (SMA, 2010).

O *Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucroalcooleiro* estabeleceu quatro áreas distintas de classificação: adequada; adequada com limitações ambientais; adequada com restrições ambientais e inadequada. Para esta elaboração de zoneamento, foram consideradas: aptidão edafoclimática; restrições a colheita mecânica; vulnerabilidade de águas subterrâneas; disponibilidade de águas superficiais; importância para proteção da biodiversidade;

Com a elaboração do Zoneamento Ambiental, foram formulados, também, novos critérios para o licenciamento ambiental de empreendimentos do setor sucroalcooleiro, tendo a resolução SMA 088/2008 com orientação das diretrizes técnicas. Sendo assim, de acordo com a localização da unidade industrial conforme o zoneamento proposto, o empreendedor deverá apresentar uma série de estudos, como: adoção de manejo adequado de defensivos agrícolas; adoção de plano de prevenção de queimadas; adoção de medidas de proteção e recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e remanescentes de vegetação nativa primária dos biomas Mata Atlântica e Cerrado; Utilização de limite máximo de 1 m^3 de água por tonelada de cana moída para novos empreendimentos e plano de Minimização de consumo de água para ampliações;

Diversas outras exigências são necessárias para o licenciamento em áreas adequada com limitações ambientais e adequada com restrições ambientais. O Zoneamento Agroambiental já vem sendo utilizado para a expansão de planos de negócios de empreendedores.

A vantagem das indústrias e empresas em aderir ao Protocolo Ambiental e estarem de acordo com o zoneamento e licenciamento é que receberão o fomento da pesquisa para aproveitamento energético e econômico da palha da cana-de-açúcar, terão apoio para a instalação de infra-estrutura logística sustentável e receberão o *Certificado de Conformidade Ambiental*, para aqueles que aderiram e estão conformes as diretrizes propostas.

3 - PRINCÍPIOS DE BELLAGIO

Os princípios de Bellagio são fruto do trabalho de especialistas, pesquisadores e profissionais da área de avaliação do mundo todo, que o Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável (*International Institute for Sustainable Development* – IISD) reuniu, na Fundação Educacional e Centro de Conferências Rockfeller, em 1996, em Bellagio (Itália), com o objetivo de sintetizar a percepção geral sobre os principais aspectos relacionados com a avaliação da sustentabilidade.

Os Princípios foram criados tanto para iniciar processos de avaliação do desenvolvimento sustentável quanto para avaliar processos já existentes de qualquer instituição, desde comunidades locais e empresas até organismos internacionais.

O quadro 1 contém os dez princípios de Bellagio. O princípio 1 refere-se ao ponto inicial, onde deve-se construir uma visão coletiva do que seja sustentabilidade e estabelecer as metas que revelem uma definição prática desta visão em termos do que seja relevante para a tomada de decisão. Os princípios 2 até 5 tratam de conteúdo e da necessidade de repensar o sistema por inteiro com foco em questões prioritárias. Os princípios 6 até 8 lidam com a questão-chave do processo de desenvolvimento em bases sustentáveis que é a participação social efetiva e capacitada, enquanto que os princípios 9 e 10 se referem à necessidade de estabelecer capacidade contínua de avaliação (CEZARE *et al.*, 2007).

Quadro 1. Princípios de Bellagio

1 – GUIA DE VISÃO E METAS	6- ABERTURA / TRANSPARÊNCIA
2 – PERSPECTIVA HOLÍSTICA	7- COMUNICAÇÃO EFETIVA
3 – ELEMENTOS ESSENCIAIS	8- AMPLA PARTICIPAÇÃO
4 – ESCOPO ADEQUADO	9- AVALIAÇÃO CONSTANTE
5 – FOCO PRÁTICO	10- CAPACIDADE INSTITUCIONAL

A metodologia existente busca a interpretação dos princípios de Bellagio junto a aplicação do Projeto Etanol Verde. Buscando manter a originalidade do material, foram feitas apenas as considerações necessárias para a aplicação dos princípios para o contexto do estudo apresentado neste artigo.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

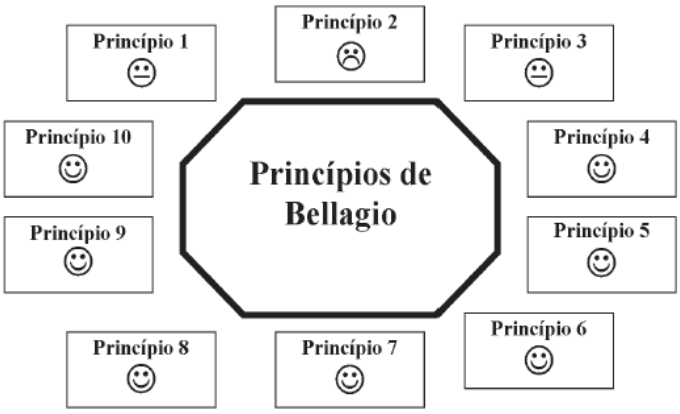
Os princípios de Bellagio foram relacionados com os documentos presentes no site do projeto Etanol Verde da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA, 2010). O quadro 2 descreve as potencialidades e limitações do enfoque do projeto etanol verde a partir dos princípios de Bellagio. A análise que foi feita parte de um olhar da sustentabilidade, porém, para o caso da Secretaria de Meio Ambiente entendeu-se que sua responsabilidade é sobre a dimensão ambiental.

Quadro 2. Resumo de potencialidades e limitações do enfoque do projeto etanol verde a partir dos princípios de Bellagio.

PRINCÍPIOS DE BELLAGIO	POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES
1- GUIA DE VISÃO E METAS	O Projeto Etanol Verde possui como meta "estimular a produção sustentável de etanol respeitando os recursos naturais, controlando a poluição, com responsabilidade social; certificar empresas sucroalcooleiras, que aderirem a protocolo de conduta agroambiental, com acompanhamento periódico". Não há metas estabelecidas para todos os itens do acordo.
2- PERSPECTIVA HOLÍSTICA	O foco está no processo produtivo e na gestão ambiental empresarial, sem que questões externas à produção sejam consideradas nessa política pública. As discussões sobre a relação dessa com outras culturas agrícolas e de seus custos e benefícios ainda está sendo construída em âmbito acadêmico.
3- ELEMENTOS ESSENCIAIS	As questões apresentadas no protocolo e no zoneamento agroambiental são muito relevantes para a proteção ambiental, e pode-se considerar que há forte preocupação com o bem-estar dos ecossistemas. A questão social não é objeto desta iniciativa, sendo tratada de forma pontual.
4- ESCOPO ADEQUADO	Por ser uma cooperação da indústria e do governo, o recorte geográfico é a usina e as plantações de cana-de-açúcar, adequado à gestão ambiental empresarial. O projeto foi proposto inicialmente para 60 meses, prorrogáveis. São realizadas avaliações anuais do desempenho dos signatários do protocolo agroambiental, com alguns objetivos pontuais definidos como "benefícios esperados" relacionados à redução das queimadas, do consumo de água e aumento das áreas de mata ciliar.
5 – FOCO PRÁTICO	O protocolo agroambiental elegeu seis questões chave e possui orientações claras para seu desenvolvimento. O zoneamento agroambiental, por estar atrelado ao licenciamento ambiental no estado de São Paulo também aborda questões específicas e com clareza.
6- ABERTURA / TRANSPARÊNCIA	O projeto possui um site com informações sobre o projeto, os documentos e resultados, e ainda as legislações relacionadas e artigos científicos sobre o temas relacionados.
7- COMUNICAÇÃO EFETIVA	No caso do protocolo agroambiental, a indústria foi envolvida na elaboração do documento. Para unidades agroindustriais e fornecedores interessados em aderir ao protocolo, há documentos para orientação disponíveis no site.

8- AMPLA PARTICIPAÇÃO	Além da Secretaria de Meio Ambiente e da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, assinam o protocolo agroambiental a ÚNICA, como representante da indústria do setor sucroenergético e a ORPLANA como representante dos fornecedores de cana-de-açúcar. A sociedade não possui um papel ativo.
9- AVALIAÇÃO CONSTANTE	Os signatários devem enviar seus dados anualmente para a SMA, e há acompanhamento da secretaria para autorização da queima da cana-de-açúcar na época da colheita.
10- CAPACIDADE INSTITUCIONAL	É possível observar que os resultados são bastantes positivos, com alta adesão de agroindústrias e de fornecedores, os resultados estão atualizados. Destaca-se a capacidade de monitoramento instalada na Secretaria de Meio Ambiente.

Como síntese, a figura 1 mostra a relação dos princípios de Bellagio com o Projeto Etanol Verde.



(☺) Atende – (😐) Atende Parcialmente – (☹) Não Atende

Figura 1. Relação dos princípios de Bellagio com o Projeto Etanol Verde

Com a aplicação dos Princípios de Bellagio, a interpretação é que o Projeto Etanol Verde atende a grande maioria dos requisitos para a impulsionar sustentabilidade. As fragilidades apresentadas em relação aos princípios são na definição de visão e metas, na perspectiva holística e na inclusão de elementos essenciais. Os dois últimos devido ao recorte ambiental do programa, e o primeiro, apenas por não definir metas para todos os critérios adotados.

O Etanol Verde se mostra um forte colaborador de ações a favor da sustentabilidade. Um grande ônus é a não participação da sociedade na ação conjunta no qual se propôs o governo e as indústrias, além de um estudo de mais profundidade sobre impactos sociais, sendo esta, tratada de forma pontual.

A ação conjunta da indústria e do governo é vantajosa para governo e indústria, e a criação de políticas públicas como o Zoneamento Ambiental e do Protocolo Agroambiental evidencia a produção do etanol como prioridade política no estado.

REFERENCIAS

AMBIENTE BRASIL: **Etanol** [Internet] 2009 Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/etanol.html>. Acesso em 22 de Fev 2010.

CEZARE, J. P.; MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR, A. **Avaliação de política ambiental e sustentabilidade**: estudo de caso do município de Santo André - SP. Eng. Sanit. Ambient. [online]. 2007, vol.12, n.4

COMPÊNDIO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DE NAÇÕES – **Os princípios de Bellagio** [Internet] 2010 Disponível em: http://www.compendiosustentabilidade.com.br/compendiodeindicadores/indicadores/default.asp?paginaID=26&it_idioma=1 Acesso em 1 de Mar 2010

IISD – International Institute for Sustainable Development – **Bellagio** [Internet] Disponível em: http://www.iisd.org/measure/principles/progress/bellagio_full_es.asp. Acesso em 1 de Mar 2010

FREY, Klaus. Políticas públicas: um debate conceitual e reflexões referentes à prática da análise de políticas públicas no Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, n. 21, jun. 2000.

JACOBI, P. Poder Local, Políticas Sociais e Sustentabilidade. **Revista Saúde e Sociedade**. São Paulo, n.8, p.31-48. 1999.

MONGABAY – **Etanol à base de milho piora condições na Zona Morta do Golfo do México** – Disponível em: <http://pt.mongabay.com/news/2008/0324-080310-ethanol.html>. Acesso em 1 de Mar 2010

SMA – Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Etanol Verde**. [Internet] Disponível em <http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/etanolverde>. Acesso em 17 de Fev. 2010

SMA – Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Etanol Verde.** [Internet] Disponível em <http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/zoneamento.asp>. Acesso em 17 de Fev. 2010

ÚNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Histórico**. [Internet] Disponível em < http://www.unica.com.br/>. Acesso em 18 de Fev 2010.

INDICADORES AMBIENTAIS NA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE INTEGRADA

GOMES, Priscila Rodrigues
Engenheira Ambiental, Mestranda em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA).
e-mail: priscilarodgom@hotmail.com

HANAI, Frederico Yuri Hanai
Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA).
e-mail: fredyuri@yahoo.com.br

MALHEIROS, Tadeu Fabrício
Engenheiro Ambiental, Professor Doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (SHS/EESC/USP).
e-mail: tmalheiros@usp.br

Palavras-chave: etanol de cana-de-açúcar, sustentabilidade, indicadores ambientais, análise estratégica e tomada de decisão.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, avançou-se consideravelmente a idéia de desenvolvimento sustentável no mundo devido à intrínseca relação das variáveis condicionantes à qualidade de vida humana. Isto porque uma atuação alinhada ao conceito de desenvolvimento sustentável representa na prática o reconhecimento da interdependência entre as dimensões ambientais, econômicas, sociais e institucionais (GOMES, 2004).

Do ponto de vista político, a sustentabilidade é uma estratégia para construção de uma sociedade mais feliz, mas na prática, há um longo caminho a ser percorrido, transformando e ajustando as práticas de planejamento e gestão, do global ao local. (SANTOS, 2004).

Este estilo como forma de desenvolvimento implica em mudanças nos processos de produção e consumo, principalmente no comportamento pessoal e social, como fator indutor do ponto de equilíbrio sócio-econômico e ambiental.

De forma crescente o paradigma do desenvolvimento sustentável trouxe novas variáveis às arenas de discussão e tomada de decisão, e uma das motivações se deve a precariedade do atual modelo baseado na utilização de fontes não renováveis de energia e seus impactos no meio sócio-ambiental além de reflexos no meio econômico, a médio e longo prazo. As problemáticas acerca das matrizes energéticas estão cada vez mais no foco de diversas pesquisas de âmbito nacional e internacional.

Enfim, é preciso um processo coordenado e contínuo que articule os diferentes setores governamentais e não governamentais que integrem esforços, compatibilize a capacidade

de suporte dos ecossistemas, a demanda de recursos ambientais e financeiros, e que assim permita construir as bases do desenvolvimento socialmente justo, ambientalmente correto e economicamente viável.

Deste modo, entre uma lista nada pequena de esforços a serem encaminhados, a implementação de um sistema de gestão ambiental é chave, de modo que se possa encaminhar, negociar, compatibilizar e somar interesses de diferentes atores e integrar e avaliar políticas, nos âmbitos locais, regionais e nacionais, ou seja, um caminho indispensável para a construção de um desenvolvimento em bases duradouras.

Como encaminhar solução, que depende de mudança comportamental da sociedade e processual de instituições que há tanto tempo se moldaram a este paradigma da inesgotabilidade dos recursos naturais? E mais complexo ainda é este desafio, uma vez que muitas delas ainda se beneficiam com o *status quo*.

Segundo Souza (2000), as estratégias de orientação do desenvolvimento em bases sustentáveis devem ser implementadas com a aplicação de instrumentos sociais, ambientais e econômicos compatíveis, e que as questões ambientais sejam consideradas no início do processo de planejamento. Entretanto, as resistências político econômicas são uma realidade, tornando o processo mais longo, instável e custoso.

Assim, uma estratégia que trabalhe na perspectiva de processo de melhoria contínua é uma alternativa interessante nestas situações. Isto demanda embasamento em enfoque estratégico de sustentabilidade, ou seja, estabelecimento de visão de futuro e metas, construídos de forma participativa e interativa, com sistema de monitoramento, análise e avaliação, com inclusão de mecanismos de aprendizagem por conta do sistema.

De tal modo entra em cena a exigência de um sistema de indicadores ambientais cuja proposta é servir como base de dados para planejamento estratégico e análise de políticas, de modo a identificar alternativas viáveis de construção do desenvolvimento mais duradouro e justo.

De acordo com Malheiros, Philipp Jr. e Aguiar (2005) estes indicadores são de fundamental importância devido a sua utilização nos sistemas de planejamento como ferramenta de diagnóstico e monitoramento da qualidade ambiental, isto porque fortalecem as decisões e facilitam maior participação dos diversos grupos de interesse.

Como o desenvolvimento sustentável requer uma visão de mundo integrada, estes indicadores auxiliam e possibilitam relacionar os diversos componentes da sustentabilidade, e seguir a proposta da Agenda 21 Global.

Assim, este artigo parte da percepção de uma importante questão relacionada a indicadores: os sistemas de informações ambientais em uso atualmente foram construídos com base no paradigma dos indicadores de primeira geração, idealizados principalmente por volta dos anos de 1980 (QUIROGA, 2001), quando havia uma percepção menor sobre a necessidade de integração e do próprio entendimento do conceito de desenvolvimento sustentável.

A Secretaria Estadual do Meio Ambiente, além executar atividades relacionadas ao licenciamento e à fiscalização ambiental, promove ações de educação ambiental, normatização, controle, regularização, proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais. Para isto, é explícita a necessidade de utilização de indicadores de qualidade ambiental para identificar e sistematizar as informações do estado de São Paulo, logicamente no que se refere ao contexto do etanol.

Este é, portanto, o desafio deste artigo, de discutir o quadro de indicadores de qualidade ambiental da Secretaria de Meio Ambiente (SMA) do estado de São Paulo na perspectiva do paradigma de foco multidimensional da sustentabilidade.

Foram levantadas boas práticas na construção e uso de indicadores e propostos critérios baseados no conceito de sustentabilidade ambiental e sustentabilidade integrada para apoio nestas discussões e reflexões. Serviu de base a discussão no tema dos indicadores ambientais em escala estadual somado a entrevista semi-estruturada realizada com representantes da SMA.

Esta discussão implica assim em manejar uma grande quantidade de informações, havendo então a necessidade de uma estratégia para identificar as fontes e sistematizar as informações relacionadas aos indicadores ambientais disponíveis nas fontes de informação do Estado de São Paulo. Estas informações se encontram dispersas em diferentes instituições de maneira que, o material analisado será composto por dados disponíveis e acessíveis à sociedade por meio de acesso online e vinculados ao endereço eletrônico da SMA.

O QUE SÃO BONS INDICADORES?

Há uma crescente necessidade em estabelecer indicadores ambientais para possibilitar decisões informadas em relação a políticas, planos e projetos e por esse motivo estes indicadores devem ser apropriados.

Neste sentido os indicadores podem ser entendidos como parâmetros que possuem a propriedade de representar o estado ou as respostas dos fenômenos que ocorrem no meio (OECD, 1993), ou ainda o desempenho de políticas, planos, programas e projetos implementados (SANTOS, 2004). De tal modo, o objetivo de um indicador é agregar e quantificar dados e

informações de modo que melhore o processo de compreensão e comunicação sobre fenômenos complexos do meio (BELLEN, 2005).

Igualmente, indicadores ambientais devem ser mensuráveis, validos cientificamente e capazes de reduzir o volume e a complexidade de informações que são requeridas pelos usuários.

Muitos sistemas de indicadores têm sido desenvolvidos para abordar específicos temas ambientais, como por exemplo, o conjunto de indicadores ambientais (ao redor de cinqüenta indicadores) propostos pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) refletindo as principais preocupações ambientais dos países nela inseridos. Também pode ser citado o conjunto de 37 indicadores ambientais elaborados pela EEA (Agência Ambiental Européia). Apesar das pequenas diferenças nos critérios utilizados para estabelecer os conjuntos de indicadores e de suas escalas, estas listas fornecem idéias de indicadores ambientais como propostas de elaboração e utilização dentro da temática ambiental (OECD,1993 e EEA,2005).

De acordo com o trabalho GEO Cidades orientado no Brasil pelo PNUMA (2004), existem critérios que auxiliam na análise de qualidade das fontes de informações, e, portanto, dos seus respectivos indicadores, que são representadas no Quadro 2 a seguir por ordem de importância:

Quadro 2: Critérios de analise de qualidade de fontes de informações

Critérios	Justificativa
1. Confiabilidade dos Dados	A confiabilidade jamais tem um caráter absoluto, mas pode ser alcançada pela tradição da instituição em gerar dados.
2. Existência de séries históricas	As séries históricas permitem comparar a evolução dos fenômenos estudados, o que permite definir se essa evolução foi positiva ou negativa ao longo do tempo.
3. Facilidade de acesso à informação	Disponibilidade da informação, tanto para a equipe técnica do Informe quanto para os usuários potenciais do documento.
4. Metodologia da produção da informação	Os aspectos metodológicos da produção da informação influenciam os dados sendo muitas vezes difícil comparar informações de fontes que utilizam metodologias diferentes.

Fonte: PNUMA, 2004.

Não obstante, os indicadores ambientais elaborados devem ser acompanhados por um rigoroso processo de validação, para garantir a adequação às questões em causa, e este processo deve ser tanto cientifico (peritos) quanto social (stakeholders), sendo que estes últimos são os que asseguram que a informação sendo relatada é compreensível (DONNELLY et al., 2007), isto porque a aplicabilidade dos indicadores deve ser adequada ao usuário das informações, no que se refere tanto aos resultados quanto ao processo de interpretação dos indicadores.

De acordo com MARZALL e ALMEIDA (2000) a escala sobre a qual os indicadores estão sendo elaborados também é de fundamental importância, pois "... escalas distintas caracterizam-se por aspectos distintos dentro de uma dada hierarquia de relevância, o que determina aspectos diferentes que deverão ser preferencialmente monitorados".

O QUE UM INDICADOR PRECISA PARA MONITORAR/AVALIAR SUSTENTABILIDADE.

O que determina o processo de interpretação na leitura dos indicadores é o entendimento que se tem de sustentabilidade, e, a ênfase (social, econômica ou ambiental) que a idéia de sustentabilidade apresenta deve se refletir no conjunto dos indicadores. No entanto, poucos são os documentos que exibem sua compreensão em relação à noção de sustentabilidade, tomando a idéia como subentendida, enquanto outros somente adjetivam sua pesquisa desconhecendo a complexidade do conceito.

De qualquer forma, o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade está em seu início, pois ainda se busca entender a sustentabilidade e como caracterizá-la. As propostas de tais indicadores devem ainda ser testadas e ajustadas a novas realidades.

Ao mesmo tempo, há a necessidade de estudos que busquem entender as interações que ocorrem nos diferentes sistemas, determinando os aspectos efetivamente relevantes para a avaliação e monitoramento da sustentabilidade, e assim, permitindo a construção de conjuntos eficazes de indicadores.

Neste sentido é necessário que os indicadores se relacionem entre si e por isso MARZALL e ALMEIDA (2000) colocam as seguintes perguntas:

1. Será que indicadores, individualmente, podem informar diferentes realidades?
2. Qual o significado e importância dessa interação?
3. Como indicadores de dimensões distintas (econômica, social e ambiental) se relacionam?

4. Não será mais relevante a definição de indicadores das interações que ocorrem no sistema, mais do que a interação entre os indicadores?

Com certeza o caminho para a compreensão de tal complexidade é extenso.

SISTEMAS DE INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL DA SMA

A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA – foi criada em 1986 com o intuito de promover a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental.

Em 2008, ela teve a sua estrutura reorganizada, conforme decreto estadual e desde então, coordena a formulação, aprovação, execução, avaliação e atualização da Política Estadual de Meio Ambiente, e também articula e coordena os planos e ações relacionadas à área ambiental e, não obstante, executa as atividades relacionadas ao licenciamento e à fiscalização ambiental, além de promover ações de educação ambiental, normatização, controle, regularização, proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais. Para que isso ocorra, departamentos, coordenadorias e Fundações atuam vinculados à SMA.

As instituições que compõem as SMA são:

1. CONSEMA
2. CETESB
3. CEA - Coord. de Educ. Ambiental
4. CPLA - Coord. de Planej. Ambiental
5. CBRN - Coord. de Biodiversidade e Rec. Naturais
6. CONDEPEFI
7. CRHi - Coord de Recursos Hídricos
8. Fundação Florestal
9. Fundação Parque Zoológico
10. Instituto Florestal
11. Instituto Geológico
12. Instituto de Botânica
13. Polícia Militar Ambiental

No caso da SMA, todas as entidades que a compõe são coletoras de informações e cada uma decide quais são as informações mais importantes dentro da área de trabalho deles tanto na questão de levantamento quanto de divulgação. Porém, existem as entidades que produzem os indicadores (por exemplo, a Cetesb) e outras que são responsáveis pela Gestão dos recursos naturais (coordenadorias).

Algumas destas coordenadorias produzem relatórios anuais e dessa forma divulgam tais indicadores a sociedade e auxiliam a tomada de decisão por meio destes.

A publicidade, a participação popular e o acesso público e gratuito à informação são expressamente garantidos pela Constituição Federal (Ibid., arts. 5. , XXXIII; 37 e 225, parágrafo 1. , IV) e pela lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal n. 6938/81),que prevê a obrigatoriedade de o poder publico manter um sistema nacional de informações sobre o meio ambiente, elaborar relatório de qualidade e prestar informações relativas ao meio ambiente, produzindo-as, quando inexistentes.

Neste mesmo contexto apresenta-se a Lei Federal 10650/03 que dispõe sobre o acesso publico a informações e dados existentes nos órgão integrantes do SISNAMA, em meio escrito, visual, sonoro ou eletrônico, sendo que o prazo para ser fornecida a informação, resguardando sigilos industrial, comercial e financeiro, é de 30 dias.

Devido a isto, é explícita a importância na investigação das fontes de informações, mas precisamente da condição de seus indicadores de qualidade ambiental por estes equivalerem a estas informações, e assim poder analisar suas fortalezas e fraquezas no que se refere ao seu papel de ferramenta no processo decisório.

Um dos aspectos mais importantes a considerar é o significado dos indicadores e de como avaliar ou interpretar os seus resultados, e como já mencionado, o entendimento acerca da sustentabilidade.

A seguir é apresentada uma tabela de exemplos dos mais atuais trabalhos voltados à indicadores de qualidade ambiental, em especial, as variáveis água, ar e solo.

Quadro 3: Publicações mais recentes sobre indicadores de água, ar e solo da SMA.

Fonte:	Material:	Dimensão	Disponível no site para download
Cetesb	Relatório de Qualidade das águas Superficiais	água	sim
Cetesb	Relatório estadual de Qualidade das águas Interiores	água	Não localizado
CPLA	Painel de Qualidade Ambiental	todas	sim
Cetesb	Relatório de Qualidade das águas Subterrânea	Solo/agua	sim
Cetesb e Departamento de Qualidade Ambiental (inserido na CPLA)	Relatório-Avaliação de Compostos Organicos da Queima de Palha	ar	sim
Cetesb	Relatório Qualidade do ar no Estado de São Paulo	ar	sim
SMA	Resolução e Relação de áreas saturadas-municipios monitorados	ar	Sim
Cetesb	Gerenciamento de áreas contaminadas	Solo/ agua	Sim, porem o mesmo está na aba do site.
Cetesb	bioindicadores	ar	Sim, porem o mesmo está na aba do site.
SMA	Projetos Ambientais Estratégicos	misto	sim
CPLA	Economia verde	Misto	sim

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota-se que a maior preocupação da SMA em um momento foi a caracterização, e menos o monitoramento no sentido de querer entender o que esta acontecendo e se comportando os atuais sistemas. Isso fica evidente ao perceber que o processo de levantamento de dados primários era feito por algumas instituições da SMA e o diagnostico por outras, sem haver participação e envolvimento de pelo menos representantes destes departamentos nos trabalhos, no que se refere a possuir uma visão sistêmica e seguir o que prega o processo de gestão ambiental. Alem do que, as informações representadas pelos indicadores ambientais não são todas de fácil acesso a sociedade e tomadores de decisão, e em muitos casos, nem para os próprios envolvidos internos da SMA.

De outra maneira, a SMA tem percebido isto e tem desenvolvido um trabalho de articulação e participação de seus membros internos, sem dizer que tem modificado não somente o formato de escolha e validação de seus indicadores de uma forma mais participativa e multidisciplinar, como também a forma de disponibilizar tais informações ao publico externo, através de relatórios anuais melhorados ao apresentarem contextualização e interpretações de suas informações e em muitos momentos, por utilizarem a participação da sociedade na escolha do que decidir para divulgação nestes relatórios.

Um dos maiores problemas que a SMA tem interesse em resolver no seu processo de gestão é a ausência de um banco de dados único que possa ser alimentado e pesquisado tanto por membros constituintes da Secretaria como pelo publico externo, algo que não foi constituído ainda, sendo seus dados apresentados de forma segregada em diferentes sistemas de informação e até mesmo, casos de dados em poder de técnicos específicos.

Para agilizar a gestão ambiental no Estado, em 2007, foram criados 21 Projetos Ambientais Estratégicos, que trabalham agendas ambientais em diferentes áreas. Para que todos estes projetos atinjam suas metas, a SMA trabalha integrada a outros órgãos do governo do Estado, além de firmar parcerias com prefeituras, setor privado, organizações não-governamentais e instituições de ensino e pesquisa.

Para concluir, constata-se um grande desafio na percepção da importância da disposição de pesquisadores e técnicos para o diálogo, respeitando as diferenças de lógicas e visões, rompendo a barreira disciplinar, desenvolvendo ao mesmo tempo o hábito do trabalho cooperativo, construindo efetivamente um todo e não algo resultante da soma de partes. Isto tanto para a construção de indicadores ambientais quanto para a realização da gestão ambiental.

Os subsídios a serem construídos neste formato participativo, favorecem, portanto, atender aos objetivos deste artigo ao auxiliar no avanço para a identificação das potencialidades e fragilidades dos atuais indicadores ambientais em uso, com aplicação focada em nível estadual, no contexto da avaliação de sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar.

REFERENCIAS

DONNELLY, A.; JONES, M.; O'MAHONY, T.; BERNY, G. Selecting environmental indicator for use in strategic environmental assessment. **Environmental Impact Assessment Review**. Vol. 27, n 2. p.161–175, 2007.

EEA. **EEA core set of indicators**, Guide. EEA Technical report: No. 1/2005; 2005. <Disponível em: http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2005_1>. Acesso em: 5 de março de 2010.

GOMES, I. Sustentabilidade social e ambiental na agricultura familiar. **Revista de Biologia e**

Ciências da Terra. Recife, vol. 5, nº 1, 1º sem. 2004.

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR. A.; AGUIAR, A. O. Indicadores de desenvolvimento sustentável. In PHILIPPI JR. A. **Saneamento, saúde e ambiente:** fundamentos para um desenvolvimento sustentável**.** Barueri: Manole, 2005.

MARZALL, C.; ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília, v.17, n.1, p.41-59, jan./abr. 2000.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OCDE core set of indicators for environmental performance reviews:** a synthesis report by the group on the state of the environment. Environment monographs n° 83. Paris: OCDE, 1993

QUIROGA, R. **Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarollo sostenible:** estado Del arte y perspectivas. n.16, Santiago: CEPAL, 2001.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental:** Teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental:** fundamentos e prática. São Carlos: Ed. Rima Costa, 2000.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade:** Uma Análise Comparativa. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2005.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelo apoio financeiro e bolsa concedida.

AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE: CONTRIBUIÇÕES PARA O CONTEXTO DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR

DUARTE, Carla Grigoletto
Engenheira Ambiental. Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental na EESC/USP; bolsista CNPQ. carla.duarte@usp.br

MALHEIROS, Tadeu Fabrício
Professor doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP; tmalheiros@usp.br

Palavras-chave: avaliação de impacto, sustentabilidade, avaliação de sustentabilidade, etanol de cana-de-açúcar

SUSTENTABILIDADE

As discussões acerca do conceito de desenvolvimento sustentável vêm elucidando suas implicações e fragilidades. O que deve ser sustentável, por quê, para quem e por quanto tempo, são questões-chave que quando respondidas por diferentes atores sociais, encontram diferentes respostas, refletindo as diversas compreensões e interesses desses atores.

Veiga (2008) afirma que, por evocar uma espécie de "ética de perpetuação da humanidade e da vida", a expressão sustentabilidade passou a exprimir a necessidade de um uso mais responsável dos recursos ambientais. E, sendo uma questão primordialmente ética, destaca-se o fato da ideia de sustentabilidade ter adquirido tanta importância nos últimos vinte anos, mesmo que a sustentabilidade não seja, nem se tornará, uma noção de natureza precisa, discreta, analítica ou aritmética.

Rattner (1991[5] *apud* BARONI, 1992) acrescenta duas questões cruciais à discussão: há insuficiência da incorporação da dimensão ambiental nos projetos de crescimento econômico; e há necessidade da busca de padrões de consumo e produção que discutam suas reais possibilidades de existência. Nobre e Amazonas (2002) afirmam que a sustentabilidade é o carro-chefe de um processo de institucionalização que insere o meio ambiente na agenda política internacional, além de fazer com que essa dimensão passe a permear a formulação e a implantação de políticas públicas em todos os níveis nos Estados nacionais e nos órgãos multilaterais e de caráter supranacional.

Em sua revisão crítica sobre o conceito de desenvolvimento sustentável, Lélé (1991) afirma que a existência de condições ecológicas necessárias para dar suporte à vida humana num determinado nível de bem-estar para as próximas gerações é a sustentabilidade ecológica, e não

[5] RATTNER, H. Sustainable Development: Trends and Perspectives. FEA/USP, set. 1991. (versão preliminar).

desenvolvimento sustentável. Assim, é possível afirmar que existem condições sociais, como a cultura política e a atuação do poder público, que influenciam a sustentabilidade ecológica ou a insustentabilidade da interação homem-natureza.

Como questão ética, para a incorporação da dimensão ambiental e na proposição de um novo padrão de consumo, o conceito de desenvolvimento sustentável assumiu o papel de guia para alcançar a sociedade ideal, com a interação ambiente-sociedade ideal, oferecendo soluções às limitações e aos desequilíbrios causados ao longo da história das sociedades.

As divergências entre as concepções do conceito e do papel do desenvolvimento sustentável geram, consequentemente, divergências na sua avaliação. Van Bellen (2004) afirma que, observa-se uma disparidade conceitual considerável nas discussões referentes à avaliação da sustentabilidade do desenvolvimento.

Para incluir questões de desenvolvimento sustentável na agenda política, são necessários estudos amplos e integrados, que ao mesmo tempo respondam à alta complexidade do tema e ofereçam facilidade na compreensão dos resultados.

Uma das experiências institucionais nesse sentido é a da União Européia, que vem realizando desde 2002 avaliações *ex-ante* de políticas para apoiar o processo decisório, chamadas de Avaliação de Impacto.

Este artigo tem como objetivo apresentar a experiência da União Européia com a avaliação de impacto e identificar a potencialidade de aplicação para o contexto do etanol de cana-de-açúcar brasileiro.

AVALIAÇÃO DE IMPACTO

Há dois principais documentos que motivaram a inserção de um processo de avaliação *ex-ante* no processo decisório. O primeiro é o *EU Sustainability Development Strategy* (CEC, 2005), que destaca a importância da avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais das políticas. O segundo é o *EU Better Regulation Action Plan* (CEC, 2002), que busca promover eficiência e efetividades das regulamentações no contexto da Comissão Européia, e tem em vista os objetivos acordados no *Lisbon Strategy*[6].

[6] Em Março de 2000, na reunião do Conselho Europeu em Lisboa, foi definida uma estratégia para a UE, elegendo o emprego, as reformas econômicas e a coesão social como partes integrantes de uma economia baseada no conhecimento. No documento estão definidos os objetivos da UE até ao ano de 2010, interligados com as orientações gerais de política econômica e com outros processos em andamento relativos à coordenação da política de emprego (Processo de Luxemburgo), às reformas estruturais (Processo de Cardiff) e ao diálogo macroeconômico, respeitando a independência dos intervenientes (Processo de Colônia).

A realização da Avaliação de Impacto (IA - *Impact Assessment*) tem no documento *Impact Assessment Guidelines*[7] a apresentação de suas bases, diretrizes e orientações para o desenvolvimento das etapas do processo de avaliação de políticas, além de anexos com exemplos de indicadores e questões a serem consideradas. As etapas do processo são mostradas no quadro 1.

1. Identificar o problema • Descrever a natureza e extensão do problema. • Identificar os principais atores e populações atingidas. • Estabelecer forças motrizes e causas subjacentes. • O problema é da competência da União? • Desenvolver um cenário base com clareza, incluindo, sempre que necessário, análise de sensibilidade e avaliação de risco.
2. Definir objetivos • Selecionar objetivos que correspondem ao problema e suas causas subjacentes. • Estabelecer objetivos em diversos níveis, do geral para o específico/operacional • Assegurar que os objetivos são coerentes com as políticas e estratégias da União Européia, como a Estratégia de Desenvolvimento Sustentável de Lisboa, o respeito dos Direitos Fundamentais bem como as principais prioridades e propostas da Comissão.
3. Desenvolver opções políticas • Identificar opções políticas, distinguindo entre opções de conteúdo e de mecanismos (abordagens regulatório/não-regulatório). • Verificar o princípio da proporcionalidade. • Começar a reduzir a gama de opções por meio da seleção de restrições técnica e outras restrições, e medir com critérios de efetividade, eficiência e coerência. • Descrever uma lista restrita de opções potencialmente válidas para posterior análise.
4. Analisar os impactos das opções • Identificar impactos econômicos, sociais e ambientais diretos e indiretos e como eles ocorrem (causalidade). • Identificar quem é afetado (incluindo os de fora da UE) e de que forma. • Avaliar os impactos contra o cenário base em aspectos qualitativos, quantitativos e monetários. Se a quantificação não for possível explicar porquê. • Identificar e avaliar dificuldades/simplificações dos benefícios (ou fornecer uma justificação se não for feito). • Considerar os riscos e incertezas nas opções políticas, incluindo os obstáculos à transposição/cumprimento.

[7] SEC (2009) 92, substituindo a SEC (2005) 790

5. Comparar as opções • Atribuir pesos aos impactos positivos e negativos para cada opção com base em critérios ligados aos objetivos. • Sempre que possível, mostrar resultados agregados e desagregados. • Apresentar comparações entre as opções por categorias de impactos ou atores afetados • Identificar, sempre que possível e apropriado, a opção preferida.
6. Descrever o monitoramento e a avaliação da política • Identificar indicadores de desenvolvimento para os objetivos centrais da intervenção. • Proporcionar um amplo esquema de possíveis propostas de monitoramentos e avaliações. • Resumir as principais etapas.

Quadro 1. Sumário de etapas da Avaliação de Impacto, conforme SEC (2009) 72.
Fonte: UC (2009).

De acordo com EU (2010), o processo consiste de uma avaliação equilibrada de todos os impactos, sendo sustentado pelo princípio da análise proporcional, pelo qual a profundidade e o alcance do estudo e também dos recursos atribuídos a ele, são proporcionais aos impactos e à natureza de uma proposta apresentada. O processo deve contar com ampla consulta às partes interessadas.

De acordo com Bäcklund (2009), a IA tem múltiplas funções, que são: 1) realizar previsões precisas de impactos; 2) aumentar a integração entre setores; 3) servir como instrumento de informação e comunicação e 4) para prover uma base para processos decisórios.

Paralelamente à introdução do sistema IA, a União Européia lançou o 6º programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico europeu[8], iniciando o financiamento de vários grandes projetos de desenvolvimento de ferramentas de modelagem, nos quais estão inseridos alguns projetos de avaliação integrada como o *MATISSE (Methods and Tools for Integrated Sustainability Assessment); SENSOR (Sustainability Impact Assessment Tools for Environmental Social and Economic Effects on Multifunctional Land Use in European Regions), Eforwood (Impact Assessment of the European Forestry Wood Chain); SEAMLESS (System for Environmental and Agricultural Modelling Linking European Science and Society); IQ-TOOLS (Indicators and Qualitative Tools for Improving the Impact Assessment Process for Sustainability), EVIA (Evaluating Integrated Impact Assessments)* e ainda o projeto *Sustainability A-Test.*

O projeto SENSOR[9] desenvolveu a *Sustainability Impact Assessment Tools* (SIAT*)*, que reúne ferramentas reunidas para o apoio à tomada de decisão sobre as políticas relacionadas ao uso multifuncional do solo nas regiões européias, buscando objetivos de sustentabilidade

[8] 6th Framework Research Program of the European Commission
[9] http://www.sensor-ip.org/

aplicados ao uso da solo e desenvolvimento rural. O projeto inclui a construção de cenários, modelagens de uso do solo, indicadores de impacto e ferramentas de avaliação de impacto.

O projeto Sustainability A-Test tem como objetivo apoiar a definição e implementação da Estratégia de Desenvolvimento Sustentável da UE através da descrição, avaliação e comparação das ferramentas que podem ser usados para medir ou avaliar o desenvolvimento sustentável, e assim melhorar a base científica de avaliação do impacto do desenvolvimento sustentável (SUSTAINABILITY A-TEST, 2010). Um levantamento de métodos e ferramentas existentes para realizar avaliações de sustentabilidade desenvolvidos nesse projeto pode ser visto na figura 1.

A compilação do *Sustainability A-Test* apresenta ferramentas de participação; de desenvolvimento de cenários; de análise multicritério; de custo-benefício e custo-efetividade; ferramentas de contabilidade, ferramentas de análise física e conjuntos de indicadores; e modelos sócio-econômicos, biofísicos e da família dos modelos integrados. O estudo dessas ferramentas existentes é o primeiro passo para aprofundar estudos posteriores sobre a integração entre elas e o possível desenvolvimento de novos métodos.

Hourcade *et al.* (2008) afirma que esta nova geração de modelos não fornecerá resultados com credibilidade para os formuladores de políticas se não forem elaboradas com a colaboração de pesquisadores e atores com influência nos processos decisórios. Mesmo o uso integrado de ferramentas de diversas áreas pode gerar estudos deficientes diante das exigências para um estudo de sustentabilidade.

Em um estudo do sistema de IA da Comissão Européia, Bäcklund (2009) afirma que o sistema de IA deve ser entendido como um instrumento político moldado por seus múltiplos objetivos e do contexto político das negociações permanentes em que se situa.

Segundo a autora, o resultado mais significativo do sistema de IA é o aumento da interação das partes interessadas e das possibilidades de acompanhar o processo de trabalho. Há exemplos de IAs feita de forma completa, incluindo a participação dos serviços da Comissão e as partes interessadas externas.

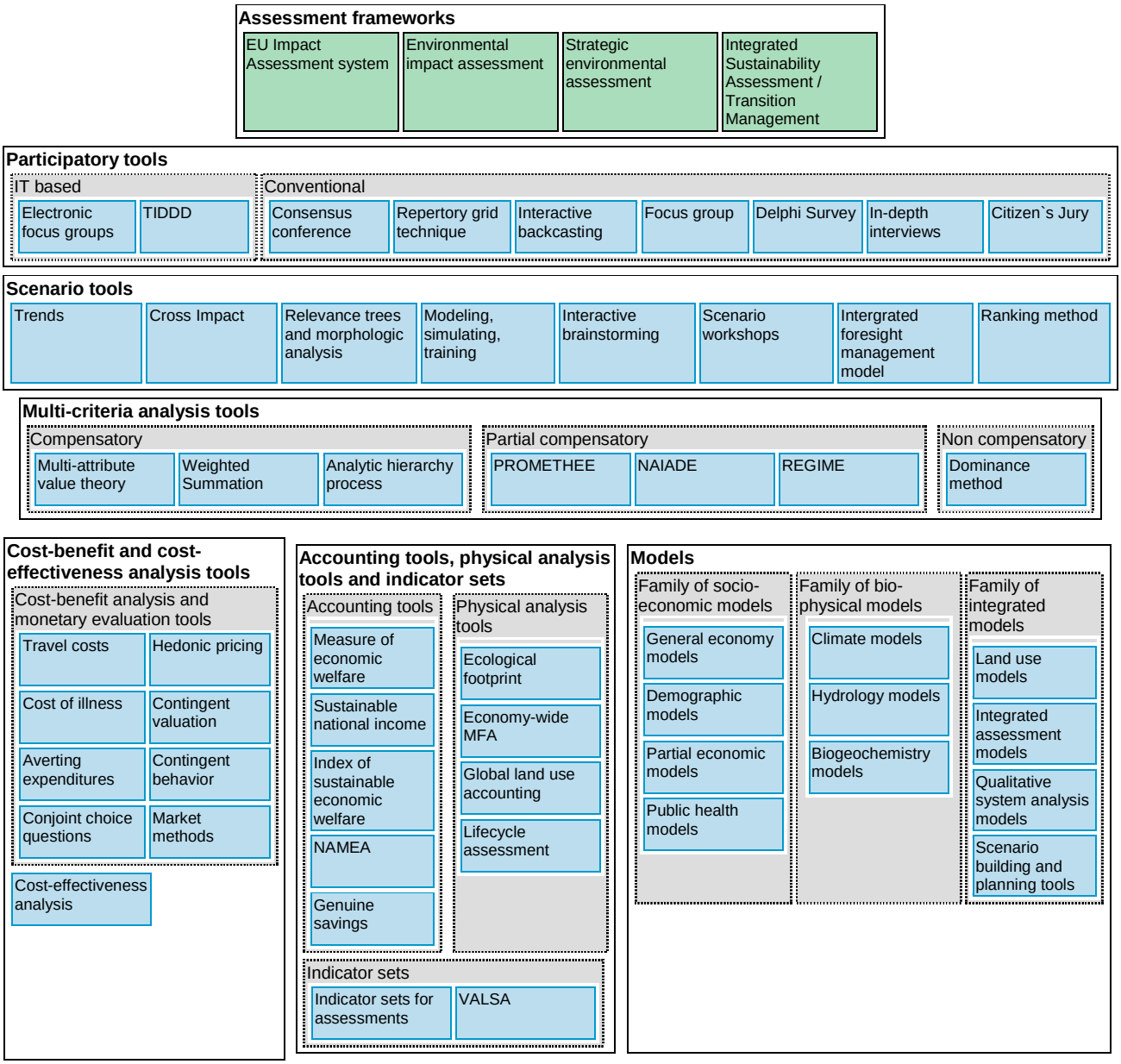


Figura 1. Ferramentas de avaliação de sustentabilidade abordadas no projeto Sustainability A-Test
Fonte: Sustainability A-Test (2010).

No entanto, há uma forte crítica sobre a qualidade geral das avaliações e da falta de integração dos aspectos de sustentabilidade. Bäcklund (2009) argumenta que existe um apelo para o uso de mais ferramentas baseadas em evidências para melhorar a qualidade do trabalho na IA, e o interesse da Comissão Européia na utilização de ferramentas avançadas é demonstrado pelo financiamento de grandes projetos de ferramentas de modelagem. Entretanto, este interesse é acompanhado por ceticismo entre os líderes, entre os argumentos, destaca que o processo de comunicação com os pesquisadores é complicado e demorado, as conclusões previstas não podem ser controladas, os resultados não são suficientemente transparentes, e as

informações resultantes do processo não são sempre apresentadas de forma compreensível aos tomadores de decisão (BÄCKLUND, 2009).

É possível observar que a utilização de ferramentas avançadas em um contexto político pode ser interpretada como perda de poder para os tomadores de decisão, que ficariam sujeitos aos resultados desses estudos. O subsídio a processos decisórios está além do fornecimento de informações, com potencial de interferir decisivamente nas decisões.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE PARA O CONTEXTO DO ETANOL

Atualmente, as principais iniciativas de avaliação de sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar são as certificações, que estão centradas em aspectos geralmente socioambientais, com mais elementos da avaliação ambiental, e restritos à unidade produtiva. Questões de caráter público necessitam de outros formatos de intervenção.

As iniciativas do Estado de São Paula no contexto do etanol destacam-se na área ambiental, mas ainda possui lacunas quando se trata de sustentabilidade e integração de temas. A análise global dos problemas de sustentabilidade do etanol só poderá ser construída por uma equipe multidisciplinar, capaz de criar canais de diálogo efetivo entre diferentes campos de conhecimento.

A experiência da Avaliação de Impacto na União Européia é recente, mas possui resultados muitos significativos para pensar o contexto nacional de etanol. Além das limitações e fragilidades na seleção de ferramentas e elaboração dos estudos, há também dificuldades na efetivação dos resultados como subsídio a processos decisórios e no diálogo entre gestores públicas e pesquisadores. As ferramentas levantadas pelos projetos de avaliação de sustentabilidade podem auxiliar nos estudos no contexto do etanol, somadas a ferramentas já utilizadas no contexto nacional.

As ferramentas levantadas pelos projetos de avaliação de sustentabilidade podem auxiliar nos estudos no contexto do etanol, somadas a ferramentas já utilizadas em âmbito nacional.

REFERENCIAS

BÄCKLUND, A. Impact assessment in the European Commission – a system with multiple objectives. **Environmental Science & Policy**, v. 12, pp. 1077-1087, 2009.

BARONI, M. Ambiguidades e deficiências do conceito de desenvolvimento sustentável. **Revista de Administração de Empresas.** São Paulo, 32 (2); PP.14-24. Abr./Jun. 1992.

EC – EUROPEAN COMISSION. Impact Assessment Guidelines. 15 January 2009. SEC(2009) 92.

EU – EUROPEAN UNION. Background. Disponível em <http://ec.europa.eu/governance/impact/background/background_en.htm>. Acesso em 21 mar. 2010.

HOURCADE, J.C. *et al.* **Biofuels And The Environment-Development Gordian Knot**: Insights On The Brazilian Exception. Working Papper 29. MATISSE - Methods and Tools for Integrated Sustainability Assessment. 2008. Disponível em <http://www.matisse-project.net/projectcomm/uploads/tx_article/Working_Paper_29_korr.pdf>. Acesso em 20 mar. 2010.

NOBRE, M.; AMAZONAS, M. de C. (orgs.). **Desenvolvimento sustentável**: a institucionalização de um conceito. Brasília: Ibama, 2002.

SUSTAINABILITY A-TEST. Book of References. Disponível em < http://ivm5.ivm.vu.nl/sat/>. Acesso em 20 mar. 2010.

VAN BELLEN, H. M. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Revista Ambiente e Sociedade** [online], Campinas, v. 7, n. 1, 2004.

VEIGA, J.E. **Desenvolvimento Sustentável**: o desafio do século XXI. 3ª edição. Rio de Janeiro, Garamond, 2008.

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS CUMULATIVOS NA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR

DIBO, Ana Paula Alves
Bióloga, Bolsista da EESC/USP, anapauladibo@yahoo.com.br

VAZ, Renato
Engenheiro Ambiental, Aluno de Graduação da EESC/USP, renatovaz.o@gmail.com

DUARTE, Carla Grigoletto
Engenheira Ambiental, Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental EESC/USP, carlagd@gmail.com

HANAI, Frederico Yuri
Pós-Doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental EESC/USP, fredyuri@sc.usp.br

MALHEIROS, T.adeu Fabricio
Engenheiro Civil e Ambiental, Professor Doutor da EESC/USP, tmalheiros@usp.br

Palavras-chaves: avaliação de impactos ambientais; impactos cumulativos ambientais; etanol; diagrama de interação de impactos; modelo causal; agroindústria

1 INTRODUÇÃO

Uma das atividades agrícolas mais importantes do Brasil é a cana-de-açúcar, a qual é cultivada desde 1532 (OMETTO; MANGABEIRA; HOTT, 2005). Os primeiros usos práticos do etanol deram-se entre o final dos anos 1920 e início dos anos 1930. Contudo, somente nos anos 1970, com a crise do petróleo, o Brasil passou a usar maciçamente o etanol como combustível. Na segunda metade da década de 1980, por diversos motivos ocorreu uma forte retração no consumo de álcool combustível. Atualmente, uma combinação de fatores como a preocupação com o meio ambiente e a futura escassez de combustíveis fósseis levaram a um interesse renovado pelo etanol (ETANOL COMO COMBUSTÍVEL NO BRASIL, 2010). Mais recentemente, a promoção de uma matriz energética mais “limpa” incentivou a criação dos carros flex no Brasil e a sua popularização aumentou ainda mais a demanda pelo etanol. Diante da expectativa de que o etanol seja um combustível competitivo em relação à gasolina e com o reconhecimento de autoridades e organizações internacionais de que políticas devem ser implementadas para se obter um desenvolvimento sustentável, abriu-se caminho para adotar-se o etanol como uma matriz energética promissora e com o Brasil ocupando uma posição de destaque entre os fornecedores.

A monocultura, seja da cana-de-açúcar ou de outra cultura qualquer, intensifica os efeitos da produção agrícola sobre o ambiente, uma vez que reduz drasticamente a biodiversidade, tornando a paisagem homogênea. Isso acarreta a perda do equilíbrio natural dos

ecossistemas, pois os “serviços ambientais” deixam de ocorrer, como por exemplo, a interação biótica entre as diferentes espécies, que pode proporcionar, entre diversos benefícios, o fornecimento de nutrientes e a proteção contra predadores. O desequilíbrio do ecossistema favorece o aparecimento de “pragas” na produção, sendo estas cada vez mais resistentes, como consequência do próprio manejo que o homem faz na cultura, através da aplicação de inseticidas e fungicidas (SOUSA; BORGES, 2009).

Ao referir-se aos biocombustíveis, o que inclui o etanol, Demirbas (2009) afirmou que os tomadores de decisão devem estar atentos às implicações relativas à transição para uma economia movida à biocombustíveis. Certamente uma de suas preocupações está na questão de que esta transição, que à primeira vista parece ser ambientalmente mais correta, não venha a causar impactos tão danosos quanto os relativos à matriz de combustíveis fósseis. Se não houver uma definição de políticas que regulamentem, fiscalizem e garantam um planejamento adequado para o ciclo de vida do etanol, podem ocorrer impactos dessa nova matriz energética, como por exemplo, acentuada perda de nutrientes, carbono e diversidade ecológica do solo; contaminação de rios e águas subterrâneas; poluição atmosférica, com consequências para a qualidade do ar em cidades e áreas rurais, entre outros. Desta forma, com o crescimento da demanda do etanol, aumenta também a necessidade de estudos que avaliem seus impactos ambientais.

O modelo de produção de açúcar e álcool adotado no Brasil baseado, geralmente na monocultura, tem intensivo uso de herbicidas e pesticidas, queima e degradação da água, ar e solo. A produção agrícola e o uso intensivo de maquinarias e produtos químicos são considerados por como um dos fatores que mais contribuem para a deterioração ambiental.

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) de tecnologias agrícolas é indispensável para o desenvolvimento sustentável, porque a interação tecnológica entre ambiente e sociedade, com múltiplos interesses e objetivos, pode resultar em impactos que não sejam intencionais, indiretos e acumulados.

É somente pela avaliação sistemática desses impactos, aplicando métodos adequados especificamente designados, e incluindo um contexto institucional apropriado, que tecnologias agrícolas podem ser recomendadas seguramente e adotadas (RODRIGUES; CAMPANHOLA; KITAMURA, 2003).

Para isso, a AIA fornece os mecanismos para que propostas de desenvolvimento sejam alteradas sempre que necessárias, e provavelmente os impactos negativos amenizados (JAY et al., 2007). Para ser eficaz, a AIA deve ser implementada em um estágio inicial de planejamento de um projeto e não depois, quando os compromissos irreversíveis tenham sido feitos e/ou tornam-se muito caros.

A prática tradicional da AIA não se ocupa de impactos insignificantes ou de baixa significância, tampouco de ações que, tomadas individualmente, tenham baixo potencial de causar impactos significativos, pois tais situações são tratadas por outros instrumentos de planejamento e gestão ambiental, como o zoneamento de uso de solo, o licenciamento convencional e a obrigatoriedade de atendimento a normas e padrões (SÁNCHEZ, 2006).

No Brasil, os instrumentos legais que instituíram a AIA não fazem referência explícita aos procedimentos de avaliação de impactos cumulativos (AIC), abordando superficialmente a consideração desses impactos, sendo que o maior desenvolvimento brasileiro em AIC encontra-se no setor energético (OLIVEIRA, 2009).

Dentre as várias definições de impactos cumulativos, adotaremos a de OLIVEIRA (2008), a qual define impacto cumulativo como o resultado da alteração dos sistemas ambientais causada pela interação ou somatória dos efeitos de ações humanas, originadas de uma ou mais atividades; com os efeitos ou impactos de outras ações ocorridas no passado, no presente ou previsíveis no futuro.

Os impactos cumulativos comumente estão associados a uma escala de eventos diversos que se dissipam no espaço e no tempo.

Por isso, faz-se necessário conhecer os impactos gerados pela produção do etanol, com o intuito de desenvolver ferramentas e medidas para diminuição das ações impactantes, em busca de uma produção sustentável do etanol.

Com isso, o objetivo deste estudo foi identificar os impactos ambientais gerados na fase agrícola da cadeia produtiva do etanol que afetam o ar, a água, o solo, e a fauna e flora, e a partir dessa identificação, criar um diagrama de interação desses impactos, para posteriormente apontar os impactos cumulativos.

2. AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

O termo Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) foi criado como instrumento de planejamento pela *National Environmental Policy Act – NEPA,* a lei de política nacional do meio ambiente dos Estados Unidos de 1969, com a preocupação de que os potenciais impactos ambientais pudessem afetar a sustentabilidade ambiental dos planos, programas e projetos. Várias são as definições de avaliação de impacto ambiental. Segundo IAIA (1999 apud SÁNCHEZ,2006), é um processo de identificar, prever, avaliar e mitigar os efeitos relevantes de ordem biofísica, social ou outros, de projetos ou atividades antes que decisões importantes sejam tomadas.

De acordo com Sánchez (2006), a AIA tem o papel de facilitar a gestão ambiental do futuro empreendimento. A aprovação do projeto implica certos compromissos assumidos pelo empreendedor, que são delineados no estudo de impacto ambiental.

Contudo, a AIA é um procedimento aplicado ao processo de tomada de decisão de projetos, acontecendo muito tarde no planejamento de um empreendimento, dificultando a consideração de todas as alternativas possíveis e relevantes para o projeto.

No Brasil, a Resolução do CONAMA n° 001/86, faz a primeira referência para AIA e a define como uma avaliação sobre qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultante das atividades humanas que diretamente ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986). Ainda no Brasil, a Resolução é vinculada à emissão de licenças, estabelecendo uma orientação básica para o Estudo de Impacto Ambiental e para o Relatório de Impacto Ambiental.

Segundo OLIVEIRA (2008), a Resolução do CONAMA aborda superficialmente a consideração de impactos não considerando os impactos insignificantes ou ações que individualmente tenham baixo potencial de causar impactos. Contudo, o efeito do somatório ou da interação dessas ações e impactos torna-os significativos e determinantes para a tomada de decisão.

A falta de uma visão do todo, sem a preocupação de analisar o entorno do empreendimento e a existência de outros empreendimentos numa determinada região impede que o licenciamento de projetos individuais contemple adequadamente os impactos cumulativos.

Conforme DIAS (2001), SMIT e SPALING (1995) (apud SÁNCHEZ, 2006) é neste ponto que a Avaliação de Impacto Cumulativo (AIC) ganha mais importância, pois ela supre a limitação da AIA de projetos, de analisar os impactos cumulativos.

3. IMPACTOS CUMULATIVOS

Sontag et al. (1987 apud OLIVEIRA, 2008), apresenta um modelo teórico causal (causa-efeito) onde cada um dos componentes do modelo como - entrada, processo e saída, exercem influência na tipificação do impacto cumulativo. As entradas seriam as fontes geradoras do impacto cumulativo, geralmente originadas em ações humanas. O processo seria as formas diferentes de acumulação, os mecanismos ou caminhos que geram a mudança/o impacto, e transformam o(s) fator(es) de entrada em saída, ou seja, os impactos cumulativos propriamente

ditos. A saída (ou resposta) representa a mudança estrutural ou funcional do sistema após a perturbação/entrada ter passado pelos processos.

No estudo de impactos cumulativos são utilizados vários conceitos, sendo importante destacar o termo impacto como sendo uma alteração química, física ou biológica no ambiente e/ou sistema ambiental; de ordem natural ou mecânica; e originado nos efeitos de uma ação humana. O impacto também pode ser social, cultural ou econômico e pode ser categorizado em direto ou indireto, local ou regional. A sinergia também é um termo importante no qual o impacto obtido pela combinação de dois ou mais impactos, de uma ou mais ações diferentes, é maior do que a soma dos impactos individuais das mesmas ações. Outro termo, o aspecto ambiental, é o elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente; e efeito ambiental é a alteração de um processo natural ou social decorrente de uma ação humana. Os conceitos de sistemas ambientais, resposta dos sistemas às perturbações, modelo causal, resiliência, complexidade organizacional, entre outros, são apresentados como a base conceitual para o desenvolvimento do conceito de impactos cumulativos (OLIVEIRA, 2008).

ORIANS (1986 apud SÁNCHEZ, 2006) declarou que as fontes de impactos cumulativos podem ser divididas em dois tipos: adição de materiais no ambiente e remoção de materiais, ambos originados por ações humanas.

No Brasil, a AIC foi regulamentada na década de 80, no entanto, alguns aspectos como a falta de definição de conceitos claros, normas e procedimentos para realização da análise nos instrumentos de EIA/RIMA faz com que a sua adoção seja mínima e superficial.

Apesar dos benefícios econômicos apresentados pelo setor sucroalcooleiro devemos considerar alguns aspectos da cadeia produtiva do etanol, como o uso de produtos químicos em grandes quantidades, defensivos agrícolas, correção do solo, prática da queimada antes do corte, menor variabilidade de espécies que podem causar impactos ambientais negativos como: redução do número de espécies, deterioração da qualidade do ar e da água, desperdício de energia, perda de nutrientes, diminuição da disponibilidade de água, entre tantos outros.

Portanto, com o crescimento da demanda pelo etanol, tornam-se necessários estudos que avaliem seus impactos que podem ser reversíveis ou irreversíveis e apresentar efeitos positivos ou negativos.

4. METODOLOGIA

Para a realização desse trabalho foi realizado um levantamento de literatura específica sobre impactos cumulativos; uma identificação dos impactos negativos gerados na fase agrícola da cadeia produtiva do etanol tendo como base os impactos descritos por Andrade e Diniz (2007), e juntamente com discussões; e a elaboração do diagrama de interação de impactos, foi baseada na descrição de Sánchez (2006), em que os diagramas ou redes de interação indicam as relações sequenciais de causa e efeito (cadeia de impacto) a partir de uma ação compactante.

A figura 1 apresenta o diagrama de interação dos impactos ambientais da fase agrícola da cadeia produtiva do etanol.

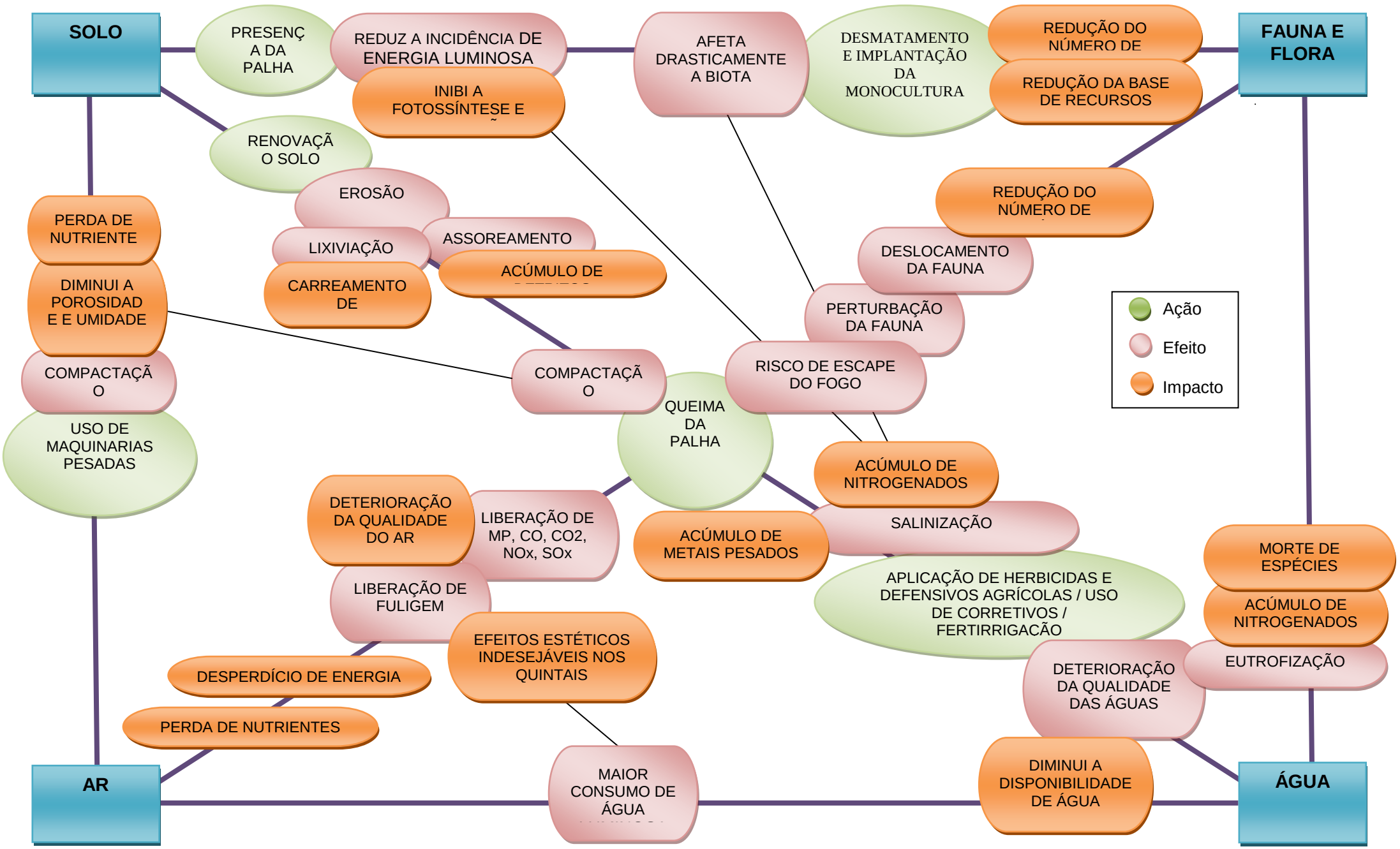
5. ANÁLISE DOS POSSÍVEIS IMPACTOS CUMULATIVOS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Como análise, observamos através do diagrama que os vários impactos da produção do etanol se relacionam, e onde há uma ação, em determinado meio biofísico, leva a um efeito que tem como consequência um ou mais impactos, que podem afetar outros meios biofísicos, e até causar outros efeitos. Esses impactos, somados entre si, em uma escala temporal, e até a outras atividades geram impactos cumulativos.

Com base no que foi descrito pode-se concluir que a avaliação de impactos cumulativos torna-se importante para relacionar os diferentes impactos causados pela produção do etanol, por uma ou pela junção de várias ações, de origens diferentes, em diferentes escalas de tempo, possibilitando a adoção de medidas de prevenção e/ou correção para os impactos que são de grande escala, como também aqueles considerados insignificantes.

O estudo de avaliação de impactos cumulativos é muito recente no Brasil e se apresenta com uma falta de conceitos claros, normas e procedimentos para a sua realização. Devido a isso, a prática acontece em poucos casos.

Figura 1: Diagrama de interação dos impactos ambientais da fase agrícola da cadeia produtiva do etanol.



Vários estudos feitos nos últimos anos mostraram a urgência de se promover a sustentabilidade nos processos produtivos e no uso e ocupação do solo. Os estudos voltados à minimização dos impactos ambientais provocados pelas diversas atividades humanas são vastos, no entanto, por estudarem apenas os processos específicos de cada atividade não consideram a interação entre os processos de outras atividades e nem se detêm nos impactos insignificantes. Estes impactos insignificantes podem apresentar a característica de estarem dispersos em grandes escalas de espaço e tempo, tornando a área de impacto muito grande e de difícil identificação. Além disso, as interações entre diversos tipos de impactos podem ser potencializadas pela sinergia entre eles, o que torna estes impactos, denominados cumulativos, bastante importantes e significativos. Dessa forma, apesar de já se investir pesadamente na minimização dos impactos ambientais, uma parcela expressiva desses impactos ainda permanece sem metodologias e procedimentos concretos de minimização devido à falta de estudos mais profundos sobre os impactos cumulativos.

Por isso, segundo Oliveira (2008), é notória a necessidade de desenvolvimento e aprimoramento dos métodos, metodologias e procedimentos para AIC, além das adequações institucionais e formação de profissionais habilitados, sobretudo para nossa realidade que acumula pouca experiência no assunto.

Este trabalho terá continuidade com a determinação dos possíveis impactos cumulativos causados na cadeia de produção do etanol, a partir desta identificação dos impactos gerados pela fase agrícola, aprofundando as relações no tempo e no espaço.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. M.; DINIZ, K. M. **Impactos ambientais da agroindústria da cana-de-açúcar: subsídios para a gestão.** 2007. 131 p. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 1986. **Resolução Conama N° 001**. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>. Acesso em: 27 mar. 2010.

DEMIRBAS, A. Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review. **Applied Energy**, v.86, p. S108-S117, 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6V1T-4WBR6MN-4-4&_cdi=5683&_user=10&_pii=S0306261909001688&_orig=search&_coverDate=11%2F30%2F2009&_sk=999139999.8998&view=c&wchp=dGLbVzb-zSkWz&md5=f0847d9bae04>7b6032b800f43b8b2834&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2010.

ETANOL COMO COMBUSTÍVEL NO BRASIL. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Etanol_como_combustivel_no_Brasil>. Acesso em: 30 mar. 2010.

JAY, S.; JONES, C.; SLINN, P.; WOOD, C. Environmental impact assessment: Retrospect and prospect. **Environmental Impact Assessment Review**, v.27, p. 287-300, 2007. Disponível: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6V9G-4MV1NS9-1-5&_cdi=5898&_user=10&_pii=S0195925506001338&_orig=search&_coverDate=05%2F31%2F2007&_sk=999729995&view=c&wchp=dGLzVtb-zSkzV&md5=0620d8a3c8e38cce394c059a5f9e0d54&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2010.

OLIVEIRA, V. R. S. **Impactos cumulativos na avaliação de impactos ambientais: fundamentação, metodologia, legislação, análise de experiências e formas de abordagem.** 2008. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

OLIVEIRA, V. R. S. Avaliação de impactos cumulativos no Brasil: origem, prática e barreiras. In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM, 6., 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2009. p. 15. Disponível em: <http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-075.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2010.

OMETTO, A. R.; MANGABEIRA, J. A. C.; HOTT, M. C. Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima da cana-de-açúcar no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Goiânia, 2005. p. 3. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.07/doc/2297.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2010.

OMETTO, A. R.; ROMA, W. N. L. Atmospheric impacts of the life cycle emissions of fuel ethanol in Brazil: based on chemical exergy. **Journal of Cleaner Production**, v.18, p. 71-76, 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6VFX-4X5JSPW-3-1&_cdi=6022&_user=10&_pii=S0959652609002765&_orig=search&_coverDate

=01%2F31%2F2010&_sk=999819998&view=c&wchp=dGLbVtb-zSkzV&md5=78df4b7e8e8

9ff774fa18f81c931b481&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2010.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. An environmental impact assessment system for agricultural R&D. **Environmental Impact Assessment Review**, v.23, p. 219-244, 2002. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6V9G-47BXFKW-8-9&_cdi=5898&_user=10&_pii=S0195925502000975&_orig=search&_coverDate=03%2F31%2F2003&_sk=999769997&view=c&wchp=dGLbVtzzSkzV&md5=3e423a49ce1eee900ae47bede82512df&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2010.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de textos, 2008.

SOUSA, I. F. S.; BORGES, J. R. P. Impactos da produção canavieira e os entraves à sustentabilidade no meio rural. In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM, 6., 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2009. p. 13. Disponível em: <http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A3-070.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2010.

MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS NA AVALIAÇÃO INTEGRADA DE SUSTENTABILIDADE E O CONTEXTO DO ETANOL

REGRA, Ana Paula Maria
Bacharel em Ciências Biológicas; NEPA/EESC/USP; anapaularegra@yahoo.com.br

DUARTE, Carla Grigoletto
Engenheira Ambiental. Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental na EESC/USP; carla.duarte@usp.br

MALHEIROS, Tadeu Fabrício
Professor doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP; tmalheiros@usp.br

Palavras-chave: construção de cenários, avaliação integrada de sustentabilidade, tipos de cenários.

1. INTRODUÇÃO

Com as rápidas mudanças na sociedade as incertezas em relação ao futuro aumentam, criando a necessidade de um maior rigor e sistematização na antecipação de futuro para auxiliar processos decisórios. Nesse sentido, a construção de cenários vem ganhando espaço em âmbito científico e acadêmico.

O planejamento de cenários teve sua origem durante a Segunda Guerra Mundial onde, por meio da previsão do comportamento de seus adversários, era possível preparar planos alternativos para serem utilizados de acordo com o cenário que ocorresse. Posteriormente, Peter Schwartz, teórico da construção de cenários e simulações futuristas, estendeu a utilização de cenários para os governos, quando ele e alguns de seus colegas formaram a *Global Business Network*.[10]

Atualmente, o planejamento de cenários vem ganhando espaço como ferramenta nas mais diversas áreas. Entre elas pode-se destacar os projetos de avaliação integrada de sustentabilidade, onde a construção de cenários desempenha um papel importante na previsão de futuros e definição de objetivos. Como exemplo, há o projeto *SustainabilityA-Test,* onde a construção de cenários é utilizada para elucidar as visões sobre um futuro sustentável e seus possíveis caminhos.

[10] Fundada em 1987, a Global Business Network é especializada em ajudar as organizações a se adaptar e crescer de forma mais eficaz e mais responsável frente a incerteza sobre seu futuro, através da utilização de ferramentas como o planejamento de cenários . A GBN trabalha em estreita parceria com as principais companhias, governos e organizações sem fins lucrativos para ajudá-los a enfrentar seus desafios mais críticos a longo prazo.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo apresentar métodos para a construção de cenários no contexto da avaliação integrada de sustentabilidade, buscando possibilidades de aplicação para o etanol brasileiro.

2. CENÁRIOS NA AVALIAÇÃO INTEGRADA DE SUSTENTABILIDADE

Com algumas diferenças de interpretação, de modo geral, existe um grande consenso sobre os conceitos e as metodologias para a elaboração de cenários.

Para Michael Porter (1989, *apud* Buarque, 2003) cenários são como uma "visão internamente consistente da realidade futura, baseada em um conjunto de suposições plausíveis sobre as incertezas importantes que podem influenciar o objeto". De forma semelhante, Van Der Heijden (1996, *apud* Buarque, 2003), define cenários como "um conjunto de futuros razoavelmente plausíveis, mas estruturalmente diferentes, concebidos por meio de um processo de reflexão mais causal que probabilístico, usado como meio para a reflexão e a formulação de estratégias para atuar nos modelos de futuros".

Os cenários tratam de uma descrição do futuro seja ela possível, imaginável ou desejável, para um determinado sistema. Esta descrição do futuro vem acompanhada também do caminho que conecta a situação inicial do objeto de estudo com a maneira como ele poderá se comportar no futuro. Para o desenvolvimento de cenários consistentes, todas as partes envolvidas, os especialistas, os decisores, e os atores sociais devem ter suas perspectivas levadas em consideração (BORJESON et al., 2006).

A construção de cenários vem sendo utilizada de forma extensiva na avaliação de políticas. Partindo de um cenário referencial (*baseline scenarios)*, os cenários para diferentes políticas implementadas e sem a implementação da política orientam os tomadores de decisão para definir como e quais políticas poderão trazer melhores resultados nas simulações.

De acordo com Sustainability A-Test (2010), a avaliação integrada para o desenvolvimento sustentável, é interpretada como qualquer tomada de decisão a partir de uma avaliação, na qual ocorre alguma forma de integração feita com a finalidade de determinar se a decisão contribui para o desenvolvimento sustentável.

Uma avaliação integrada de sustentabilidade envolve escalas de longo prazo (várias gerações), diversas escalas geográficas (do local ao global), vários domínios (econômico, as perspectivas ambientais e sociais) e múltiplas perspectivas (idéias diferentes sobre como desenvolver sustentabilidade) . A avaliação integrada "ideal" para o desenvolvimento sustentável é capaz de atender todos os domínios e perspectivas possíveis, embora o tempo e as restrições orçamentárias, muitas vezes limitem essas possibilidades (SUSTAINABILITY A-TEST, 2010).

De forma a ilustrar a complexidade de ferramentas necessárias à adequada aplicação de um Avaliação Integrada de Sustentabilidade, destaca-se no Quadro 1 alguns métodos para o desenvolvimento de cenários utilizados no projeto *SustainabilityA-Test*.

Quadro 1. Métodos para o desenvolvimento de cenários utilizados pelo *SustainabilityA-Test.*

Método	Descrição
Análise de Tendências	A análise de tendências, também conhecido como extrapolação de tendências, é um método utilizado em previsões. As tendências podem ser medidas quantitativa e qualitativamente. A análise quantitativa trabalha mais com os dados do que com informações. Estatísticas relativas ao assunto são reunidas e plotadas ao longo de um eixo de tempo para produzir uma curva, o que pode ser extrapolado para o futuro. Naturalmente, quanto mais no futuro a extrapolação, maior a incerteza de o evento acontecer.
Cross Impact Analysis	A *Cross Impact Analysis* é um outro método para medir a correlação entre as variáveis. É mais comumente usada como uma ferramenta de previsão para identificar como a evolução tecnológica em uma área pode afetar as de outras áreas, a força dessa influência e se isto torna o resultado mais ou menos provável.
Árvores de Relevância e Análises Morfológicas	Árvores de Relevância e Análises Morfológicas são métodos de previsão normativos que começam com as futuras necessidades ou objetivos, e depois procuraram identificar as circunstâncias, ações, tecnologias, etc, necessários para atingi-los. A árvore de relevância é uma técnica analítica que subdivide um tema vasto em subtemas cada vez menores mostrando assim "todos" os caminhos possíveis para o objetivo, e fornece uma previsão de custos, durações e as probabilidades para cada elemento. Da mesma forma, a análise morfológica envolve o mapeamento de opções para obter uma perspectiva global de soluções possíveis.
Modelagem, Simulação e Treinamento	As relações matemáticas são utilizadas para explicar um sistema, e, quando este é entendido, explorações para o futuro podem ser feitas.
Brainstorming interativo	É uma técnica criativa para gerar idéias para a resolução de um problema. Neste processo interativo de reflexão, as idéias geradas durante uma reunião ou encontro são reunidas. As melhores idéias são selecionadas e discutidas em detalhes.
Workshops de Cenários	Cada cenário representa um mundo diferente, mas plausível. Um dos objetivos do planejamento de cenários é mostrar como as diferentes forças podem manipular o futuro para direções opostas. Cenários enriquecem nossos mapas mentais e aumentam o número de opções para atuarmos em eventos próximos. Workshops incluem a participação de diversos atores com contribuições diversas para previsões, e tem como objetivo produzir consensos que orientam a construção de cenários.
Modelo Integrado de Gestão Prospectiva	Os estudos de prospectiva nacional se tornaram uma ferramenta comum na última década do século 20. Apesar do fato de que muitos estudos comparativos têm sido realizados para comparar esses projetos, nenhum deles tem conseguido capturar todas as dimensões e os elementos da previsão, pois ainda falta uma definição abrangente de previsão. O modelo de gestão integrada de previsão é uma tentativa de fornecer uma visão integrada e holística sobre o impacto da previdência sobre a gestão do futuro.
Método de Classificação	O sistema de classificação é um método não-quantitativo de comparar diferentes alternativas. A lista de classificação é desenvolvida mostrando as melhores alternativas para um problema específico.

Fonte: Elaborado a partir de Sustainability A-Test (2010).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de cenários é uma ferramenta altamente integrativa, capaz de representar uma grande variedade social, econômica e ambiental. Ela tende a incluir interfaces que são projetados para envolver tomadores de decisão, não-especialistas, ou membros do público em geral na criação e análise de cenários através de métodos participativos. Desta forma, a construção de cenários se apresenta como uma ferramenta muito útil na avaliação integrada de sustentabilidade.

A avaliação integrada de desenvolvimento sustentável se concentra em uma seleção de aspectos do desenvolvimento sustentável de acordo com as mais relevantes questões econômicas, ambientais e sociais, o que acaba por envolver um número limitado de perspectivas. E desta forma, pode perder as cruciais - mas difíceis de avaliar - questões do desenvolvimento sustentável, tais como efeitos a longo prazo ou impactos causados muito além da área de estudo.

No contexto brasileiro do etanol de cana-de-açúcar, essa ferramenta tem grande potencial de contribuição. Sem uma previsão adequada, o aumento de extensas áreas de monoculturas de cana-de-açúcar e a substituição de outras culturas agrícolas podem ter impactos ambientais socioeconômicos e ambientais muito significativos.

Assim, a utilização de cenários na elaboração de políticas públicas para o etanol no caso brasileiro mostra-se muito relevante para a orientação da expansão e organização da produção nacional.

O incentivo à produção de etanol deve vir acompanhado de políticas públicas para sua regulamentação, de forma a minimizar e evitar impactos significativos. E isso pode ser feito a partir da elaboração de cenários capazes de evidenciar os impactos de diferentes políticas públicas para o setor sucroenergético.

Os métodos apresentados neste artigo que vem sendo utilizados internacionalmente em avaliações de sustentabilidade têm grande potencial de contribuição para o contexto nacional da produção de etanol, sendo que um estudo mais detalhado desses métodos se faz necessário para adequada seleção e utilização no contexto nacional.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORJESON, L. et al. Scenario types and techniques: Towards a user's guide. **Futures**, v.38, p. 723–739, 2006.

BUARQUE, S. C. Metodologias e técnicas de construção de cenários globais e regionais. Texto para discussão (IPEA), n. 939, fevereiro, 2003. ISSN 1415-4765

SUSTAINABILITY A-TEST. Book of References. Disponível em < http://ivm5.ivm.vu.nl/sat/>. Acesso em 20 mar. 2010.

AVALIAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO DA REDE DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL (RAS) APLICADA À INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA

ESTEVES, Andressa dos Santos
Engenheira Ambiental; Aluna de Graduação da EESC/USP; dessinha_esteves@hotmail.com

SANTOS, Eraldo Kobayashi
Engenheiro Ambiental; Aluno de Graduação da EESC/USP; eraldo.kobayashi@gmail.com

POLIZEL, Juliana;
Engenheira Ambiental; Aluna de Graduação da EESC/USP ; julianapolizel.liamg@gmail.com

DUARTE, Carla Grigoletto;
Engenheira Ambiental; Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental EESC/USP; carlagd@gmail.com

MALHEIROS, Tadeu Fabrício
Professor da EESC/USP; tmalheiros@usp.br

Palavras-chave: Certificação ambiental, impactos ambientais, etanol, RAS, sustentabilidade.

1. A IMPORTÂNCIA DA CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL

As energias renováveis vêm ganhando grande importância no contexto mundial. Um fator que motiva a intensificação do uso mundial de energia renovável são as exigências ambientais para diminuição das emissões de gases de efeito estufa, considerado o principal causador do aquecimento global. Pelo tratado de Kyoto, que entrou em vigor em 2005, diversos países se compromissaram a reduzir em 5,2% as emissões de gases de efeito estufa em relação ao ano base de 1990 (ANDRADE e DINIZ, 2007).

Entre as matérias-primas atualmente utilizadas na produção de biocombustíveis, a cana-de-açúcar é a que apresenta melhor desempenho em relação ao custo e na relação consumo/produção de energia (ALVES *et. al.,* 2008).

Diversos países estão interessados na mistura álcool-gasolina com o objetivo de reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa no setor de transporte, e alguns já estão iniciando suas produções internas do produto (SOUZA, 2006). Entre os países produtores, o Brasil é o que ostenta os indicadores mais favoráveis e o que utiliza esta fonte alternativa em maior escala (ALVES *et. al.,* 2008). O país é o maior produtor mundial de etanol e o que possui a maior competitividade devido aos baixos custos da matéria-prima: cana-de-açúcar (SOUZA, 2006).

A grande produção do etanol traz consigo alguns problemas associados ao meio ambiente. Impactos negativos podem ser encontrados em todas as etapas do processo produtivo desde a fase agrícola até a fase industrial, em diferentes intensidade e importância.

Os principais impactos ambientais negativos referem-se ao desgaste do solo (compactação); contaminação dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos); assoreamento de corpos d'água e emissão de gases do efeito estufa. E além desses impactos ambientais, há também impactos sociais negativos, como concentração de terra e más condições de trabalho.

O fortalecimento do movimento ambiental, que se iniciou em 1970 e teve seu apogeu a partir dos anos noventa, provocou transformações nas demandas da sociedade: alguns consumidores, a partir da crescente sensibilização ambiental, passaram a optar, de forma crescente, por produtos que geravam menor impacto sobre o meio ambiente. De acordo com Ometto (2005), na visão empresarial, tal demanda torna o aspecto ambiental um diferencial estratégico de negócio, o qual deve buscar não apenas a satisfação imediata do cliente, mas a da sociedade, já que se reconhece que as gerações futuras têm o mesmo direito à qualidade ambiental usufruída pelas atuais.

Nesse contexto, ampliam-se as ações visando criar mecanismos que estimulem a produção responsável e alinhada com o conceito de desenvolvimento sustentável. Deve haver um comprometimento por parte dos proprietários com a melhoria das condições socioambientais dentro e no entorno das unidades de produção agrícola, e com instrumentos que estimulem e promovam a produção responsável (ALVES *et. al.,* 2008).

A certificação socioambiental surge como um instrumento que visa minimizar os impactos socioeconômicos envolvidos no processo produtivo ao mesmo tempo em que agrega o interesse do mercado consumidor. Desta forma, este artigo tem como objetivo realizar uma avaliação preliminar da certificação Rede de Agricultura Sustentável (RAS) quanto à sua potencialidade na minimização dos impactos da indústria sucroenergética.

2. IMPACTOS AMBIENTAIS E A RAS COMO FERRAMENTA PARA CERTIFICAÇÃO AGRÍCOLA

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**,** considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

A indústria sucroenergética possui diversos impactos negativos e positivos na sua cadeia de produção. Por exemplo, resultados da aplicação da ACV pelo método EDIP (*Environmental Development of Industrial Products)* para produção de etanol mostram que a

atividade da colheita de cana apresenta o maior potencial de impacto negativo para o consumo de recursos renováveis, o aquecimento global, a formação fotoquímica de ozônio troposférico, a acidificação e a toxicidade humana. O preparo do solo apresenta maior potencial para o consumo de recursos não renováveis e para a ecotoxicidade da água. O trato cultural apresenta maior influência na eutrofização e na ecotoxicidade do solo (OMETTO, 2005).

Andrade e Diniz (2007) enumeraram os principais impactos negativos causados em cada etapa da produção do etanol, na fase agrícola e na fase industrial. As 10 categorias de impactos apresentados por eles serão utilizados, de forma adaptada, para a análise da aplicação da RAS.

A certificação socioambiental surgiu da preocupação de movimentos sociais, ambientalistas e de consumidores da Europa e dos EUA com os impactos ambientais e sociais associados à produção de países tropicais ou em desenvolvimento. Após a Rio-92 e a elaboração da Agenda 21, parte dos ambientalistas e movimentos sociais se sensibilizaram de que não bastava somente criticar e articular boicotes a produtos de origem predatória, mas urgia apresentar alternativas viáveis aos modelos de desenvolvimento e de produção existentes, considerando, inclusive, o componente econômico das propostas em curso. Frente a esse quadro, o crescimento econômico e a produção deveriam buscar conciliar, de maneira equilibrada, os interesses econômicos, sociais e ambientais, tendo o Desenvolvimento Sustentável como referência e ideal.

Conceitualmente, a certificação deve ser entendida como um instrumento econômico, baseado no mercado, que visa a diferenciar produtos e produtores, fornecendo incentivos tanto para consumidores como para produtores, conforme Upton & Bass (1996). Porém, Alves *et al.,* (2008) acreditam que ela possa contribuir para que se criem mudanças socioambientais, transformando-se também num mecanismo de governança. Os sistemas de certificação, sejam públicos ou voluntários, têm por finalidade atestar a adoção e prática de critérios técnicos, viabilidade econômica e responsabilidade socioambiental na cadeia produtiva, ou seja, deverá necessariamente buscar a sustentabilidade, sob o equilíbrio do tripé social, ambiental e econômico.

De maneira geral, os processos de certificação de certa forma buscam atestar ou confirmar que determinado produto possui características especiais, variando desde um selo que atesta apenas a qualidade final do produto até aquele que também considera o seu processo produtivo. Isto é, os consumidores e cidadãos estão preocupados não somente com o produto em si, mas com a sua origem e os possíveis impactos ambientais e sociais associados a sua produção. Nessa relação entre diferentes atores, o principal desafio colocado aos certificados, selos e certificadores é a credibilidade junto aos consumidores (alvo da certificação), aos

produtores e aos demais grupos de interesse direta ou indiretamente relacionados com a certificação e seu processo de execução. (ALVES *et. al.,* 2008).

Um tipo de certificação voltado para a produção agrícola é a da "Rainforest Alliance", que é baseada na norma da Rede de Agricultura Sustentável (RAS). O objetivo da norma RAS é mitigar os riscos ambientais e sociais causados pelas atividades agrícolas por meio de um processo que motiva a melhoria contínua, assim como fornecer uma medida de desempenho social e ambiental e boas práticas de manejo para uma propriedade agrícola. O cumprimento é avaliado através de uma auditoria liderada por organismos de inspeção autorizados que medem o nível de concordância das práticas ambientais e sociais da propriedade agrícola com os critérios da norma.

Por meio da implantação dos conteúdos das normas da RAS, a propriedade agrícola inicia um processo de melhoramento contínuo, que é avaliado anualmente por auditores autorizados pela RAS.

A norma está estruturada em dez princípios. Cada princípio é composto por critérios. A "Norma para Agricultura Sustentável da RAS" contém 94 critérios. Os critérios descrevem as boas práticas de manejo social e ambiental que são avaliadas mediante os processos de inspeção. Os dez princípios são os seguintes:

1. Sistema de gestão social e ambiental;
2. Conservação de ecossistemas;
3. Proteção da vida silvestre;
4. Conservação de recursos hídricos;
5. Tratamento justo e boas condições de trabalho;
6. Saúde e segurança no trabalho;
7. Relações com a comunidade;
8. Manejo integrado do cultivo;
9. Manejo e conservação do solo;
10. Manejo integrado de desperdícios.

Se a propriedade agrícola não cumprir a implantação de quaisquer das práticas definidas nos critérios descritos na "Norma para Agricultura Sustentável – Rede de Agricultura Sustentável", esta atitude resultará na atribuição de uma não-conformidade, que é determinada com base em cada critério de maneira individual.

3. DISCUSSÃO

Dado o objetivo do trabalho de avaliar a aplicação da certificação RAS à produção no setor sucroenergético, verificando se ela abrange os principais impactos causados por ele, foi realizada uma correlação dos principais impactos ambientais e os princípios da RAS. O resultado pode ser visualizado no quadro 1.

Quadro 1. Atendimento da norma quanto aos principais impactos negativos causados pela indústria sucroenergética

Impactos negativos		***Princípio (RAS) correspondente***
Redução da biodiversidade		Princípios nº 1, nº 2 e nº 3
Contaminação das águas superficiais e subterrâneas		Princípios nº 1, nº 2, nº 4 e nº 8
Contaminação do solo		Princípios nº 1 e nº 8
Compactação do solo		Princípios nº 1 e nº 9
Assoreamento de corpos d'água		Princípios nº 1, nº 2 e nº4
Emissão de fuligem		Princípios nº 1e nº 7
Emissão de gases de efeito estufa		Princípios nº 1 e nº 10
Colmatação, salinização e erosão de solos arenosos		Princípios nº 1 e nº 10
Competição com produção de alimentos		-
Concentração de terras		-
Condições subumanas do trabalho do cortador de cana		Princípios nº 1, nº 5 e nº 6

Para a análise proposta, foi considerado que o impacto é correlacionado com algum princípio da norma de forma satisfatória, quando esta minimizá-lo diretamente, ou seja, não foram considerados na análise os princípios que visam minimizar um impacto específico e que conseqüentemente minimiza outro. No entanto o primeiro princípio da norma, relativo ao sistema de gestão social e ambiental, foi correspondido com todos os impactos que possuía pelo menos um outro princípio associado, uma vez que tal sistema é essencial para a aplicação efetiva dos demais princípios.

O quadro 1 apresenta na coluna esquerda os principais impactos associados ao processo produtivo do etanol, e na sua coluna direita os princípios da norma RAS que abrangem esses impactos, no sentido de minimização dos mesmos.

Os impactos listados foram constatados por Andrade (2007) como sendo os principais envolvidos na produção do etanol. Dentre os onze impactos listados, oito são referentes a impactos diretos ao ambiente e apenas três relevam a questão social. Quanto aos princípios da norma, todos apareceram na avaliação correspondendo à minimização de um ou mais impactos, o

que indica que, para a produção de etanol, os dez princípios são suficientes para abranger os impactos associados.

Nota-se que os únicos impactos não correlacionados satisfatoriamente com a norma RAS foram aqueles relacionados com a concentração de terras, seja pela prática da monocultura da cana-de-açúcar, que ameaça a produção de alimentos, ou pela detenção das mesmas pelos grandes produtores. Esse tipo de impacto não é abrangido pela norma RAS, e uma vez que a produção é proporcional à quantidade de terra, a tendência do mercado é o aumento da produção do etanol, e sendo essa uma questão que, ao contrário das outras, não modifica apenas o processo produtivo, mas a quantidade produzida, caso a norma abranja esse impacto, pode ser pouco vantajoso para o produtor possuir tal certificação. Tal consideração mostra que, uma vez minimizados os impactos ambientais, torna-se necessário ainda equilibrar as questões sociais e econômicas para direcionar a produção do etanol à sustentabilidade.

4. CONCLUSÃO

A certificação da Rede de Agricultura Sustentável (RAS) mostrou-se muito coerente ao que se propõe, mitigar riscos ambientais e sociais associados à produção agrícola. No caso da indústria sucroenergética, pode-se notar que os impactos estão relacionados com todos os princípios, indicando que a certificação como um instrumento para produção sustentável é de extrema importância para o setor.

É possível observar que a concentração de terras e a competição com a produção de alimentos referem-se a questões que extrapolam a unidade produtiva e não conseguem ser captados e avaliados pela RAS, necessitando portanto, de outros tipos de instrumentos para uma avaliação mais sistêmica.

5. REFERÊNCIAS

ALVES, F; FERRAZ, J. M. G.; PINTO, L. F. G.; SZMRECSÁNYI, T. (organizadores). **Certificação Socioambiental para a Agricultura:** Desafios para o Setor Sucroalcooleiro. Piracicaba, SP: Imaflora; São Carlos: EdUFSCar, 2008. 300 p.

ANDRADE, J. M. F.; DINIZ, K. M.. **Impactos Ambientais da Agroindústria da Cana-de-açúcar:** Subsídios para a Gestão. 2007. 131 p. Monografia (Título de Especialista em Gerenciamento Ambiental). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba, 2007.

GUÉRON, A. L.. **Rotulagem e Certificação Ambiental**: Uma Base para Subsidiar a Análise da Certificação Florestal no Brasil. 2003. 112 p. Tese (Mestrado em ciências em planejamento energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

OMETTO, A. R.. **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, Exergia e Emergia.** 2005. 200 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SOUZA, R. R.. **Panorama, oportunidades e desafios para o mercado mundial de álcool automotivo**. 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado em ciências em planejamento energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

UPTON, C.; BASS, S. **The Forest Certification Handbook**. 1996. 218p .St. Lucie Press, Florida. 1996.

ANAIS

WORKSHOP SOBRE AVALIAÇÃO INTEGRADA DE SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DO ETANOL

BIOEN WORKSHOP ON INTEGRATED SUSTAINABILITY ASSESSMENT FOR ETHANOL CONTEXT

ISBN 978-85-85205-99-7

São Carlos - SP
13 e 14 de abril de 2010
EESC/USP

Organizadores
Tadeu Fabrício Malheiros
Frederico Yuri Hanai

Comissão Organizadora
Ana Paula Alves Dibo
Ana Paula Maria Regra
Carla Grigoletto Duarte
Frederico Yuri Hanai
Joviniano Pereira da Silva Netto
Marcio Henrique Bertazi
Priscila Rodrigues Gomes
Ruby Alicia Criollo Martínez
Tadeu Fabrício Malheiros
Tássia Gaspar Temóteo

Realização

Universidade de São Paulo - USP
Escola de Engenharia de São Carlos - EESC
Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental - PPGSEA

Apoio

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES
Pró-Reitoria de Pós-Graduação – USP
Pró-Reitoria de Pesquisa – USP
Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – PPG/SEA
Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada - CRHEA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Instituto de Economia Agrícola – IEA

Este evento é parte integrante do **Projeto BIOEN-FAPESP** No. 2008/58033-3

THE SWEET AND BITTER SIDES OF THE SUGARCANE: AN INTEGRATED SUSTAINABILITY ASSESSMENT FOR THE BRAZILIAN ETHANOL CONTEXT