Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Programa de Pós-Graduação em Ciências de Engenharia Ambiental

Carolina de Oliveira Jordão

Análise da vulnerabilidade ambiental no planejamento
espacial do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo

São Carlos
2011

Análise da vulnerabilidade ambiental no planejamento espacial do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo

Carolina de Oliveira Jordão

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de
São Carlos da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Mestre em Ciência – Programa
de Ciências da Engenharia Ambiental

Área de Concentração: Ciência da Engenharia
Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Evandro Mateus Moretto

São Carlos
2011

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

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

J82a	<p>Jordão, Carolina de Oliveira.</p> <p>Análise da vulnerabilidade ambiental no planejamento espacial do cultivo de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. / Carolina de Oliveira Jordão; orientador Evandro Mateus Moretto. -- São Carlos, 2011.</p> <p>Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.</p> <p>1. Vulnerabilidade ambiental. 2. Paisagem. 3. Planejamento. 4. Zoneamento agroambiental. 5. Cana de açúcar. I. Título.</p>
------	--

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Bacharel **CAROLINA DE OLIVEIRA JORDÃO**

Título da dissertação: **Análise da vulnerabilidade ambiental no planejamento espacial do cultivo de cana-de-açúcar no estado de São Paulo.**

Data da defesa: 01/09/2011:

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **Evandro Mateus Moretto (Orientador)**
(Escola de Artes, Ciências e Humanidades/USP)

Prof. Dr. **Victor Eduardo Lima Ranieri**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Profª. Associada **Rosely Ferreira dos Santos**
(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

Resultado:

Aprovada

Aprovada

Aprovada

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:
Prof. Dr. **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo Cesar Lima Segantine**

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Evandro Mateus Moretto por ter sido sempre de fato um orientador dos melhores caminhos a seguir. Obrigada pelo suporte, incentivo, dedicação e a amizade, além do apoio na minha escolha de começar a trabalhar e me afastar de São Carlos.

Aos amigos do PPG-SEA, especialmente os do Núcleo de Estudos de Política Ambiental (Nepa) e do Suposto Nepa 2, pela ótima convivência, aprendizado e suporte. Os momentos acadêmicos e “extra-curriculares” foram muito importantes para mim e vou sempre guardar na memória com carinho.

Aos mais novos amigos do Instituto Centro de Vida e de Alta Floresta pelos aprendizados, apoio e compreensão na etapa final do mestrado. E aos amigos mais antigos de São José dos Campos e os gestores ambientais da EACH/USP agradeço pela amizade, mesmo a distância, e apoio e forças enviadas por pensamento.

Aos professores do PPG-SEA pelos ensinamentos e orientações. E aos funcionários do CRHEA pela disponibilidade e auxílio nas questões administrativas, essenciais nesse processo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

Por último, mas não menos importante, a minha família – minha mãe Celina, meu pai Jordão e meu irmão Gustavo – por acreditarem sempre em mim e pelo amor, carinho e compreensão.

*E, num paradoxo curioso, os ECOlogistas e
ECONomistas não se entendem sobre o oikos,
raiz e objeto das duas ciências, uma que visa
conhecer e entender este mundo como “nossa
casa”, outra que procura administrá-lo
igualmente como “nossa casa”*

JOSÉ DE ÁVILA COIMBRA

RESUMO

O conhecimento acerca da vulnerabilidade ambiental de um território é fundamental para a compreensão da sustentabilidade e da viabilidade da existência de atividades humanas, por ser possível através desse tipo de análise obter dados sobre os atributos presentes no meio que serão alterados em função das atividades existentes. Nesse contexto, um problema atualmente emergente no Brasil, e especificamente no estado de São Paulo, que tende a aumentar significativamente a vulnerabilidade dos sistemas econômicos e ecológicos de forma integrada refere-se à expansão da atividade agrícola da monocultura de cana-de-açúcar, devido aos impactos negativos e às alterações no território no sentido de uma diminuição da resiliência sistêmica. Com isso, o presente trabalho visou analisar como questões relacionadas à vulnerabilidade ambiental foram inseridas no planejamento espacial da expansão desta atividade, focando-se no zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro de São Paulo (ZAA) como principal política pública atualmente existente no Estado para o setor. Assim, foi possível concluir que o ZAA preconiza somente as potencialidades físicas do território para a expansão da cultura da cana-de-açúcar, desconsiderando as restrições relacionadas à vulnerabilidade ambiental existentes na paisagem, não podendo ser, portanto, considerado como um instrumento indutor de sustentabilidade no seu sentido amplo.

Palavras-chave: vulnerabilidade ambiental, paisagem, planejamento, zoneamento agroambiental, cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The knowledge about a territory's environmental vulnerability is crucial to understand the sustainability and viability of the existence of human activities, through this type of analysis is possible to obtain data about the environment's attributes that will be changed due the existing activities. In this context, a problem now emerging in Brazil, and specifically in the state of São Paulo, which tends to significantly increase the vulnerability of economic and ecological systems, in an integrated way, refers to the expansion of the monoculture farming of sugarcane, because the negative impacts and changes in the territory toward a decrease in systemic resilience. Accordingly, this research aimed to analyze how issues related to environmental vulnerability were included in the spatial planning of this activity expansion, focusing on the agroenvironmental zoning of São Paulo's sugarcane sector, as the currently main public policy for the sector in the State. It has been concluded that the zoning recommends only the physical potentialities for sugarcane farming, disregarding the restrictions related to environmental vulnerability in the landscape, therefore, can't be seen as a means of inducing sustainability, in its widest sense

Key-words: environmental vulnerability, landscape, planning, agroenvironmental zoning, sugarcane.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Esquema mostrando o ecossistema como um sistema aberto (ODUM, 1998).....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2 – Diagrama do fluxo circular da economia (MANKIW, 2008).....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3 – Visão do sistema econômico pela economia ecológica (ALIER, 1998).....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 4 - Estrutura conceitual de vulnerabilidade (KASPERSON et al., 2005).</i>	<i>46</i>
<i>Figura 5 – Componentes de vulnerabilidade (TURNER et al., 2003).....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 6 - Estimativa de crescimento da área plantada no Brasil com a cana (TORQUATO, 2006)</i>	<i>72</i>
<i>Figura 7 – Cultivo de cana-de-açúcar em São Paulo na safra 2009/10 (INPE, 2010).</i>	<i>77</i>
<i>Figura 8 – Área de expansão de cana-de-açúcar nas regiões administrativas do Estado de São Paulo - safra 2009/10 (INPE, 2010).</i>	<i>78</i>
<i>Figura 9 – Modelo geral de análise.</i>	<i>80</i>
<i>Figura 10 – Fluxograma das principais relações entre os componentes de exposição e sensibilidade</i>	<i>85</i>
<i>Figura 11 – Fluxograma das principais relações entre os componentes de sensibilidade e resiliência</i>	<i>86</i>
<i>Figura 12 – Fluxograma das principais relações entre os componentes de exposição e resiliência</i>	<i>86</i>
<i>Figura 13 – Esquema de vulnerabilidade ambiental de sistemas com monocultura de cana-de-açúcar.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 14 – Zoneamento agroambiental da para o setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo.</i>	<i>91</i>
<i>Figura 15 – Mapas de Aptidão Edafoclimática e do Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucroalcooleiro..</i>	<i>98</i>
<i>Figura 16 – Mapa de classificação de qualidade do ar do zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro de São Paulo.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 17 - Mapa de disponibilidade de águas superficiais do zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro de São Paulo.....</i>	<i>101</i>

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1 – Modelo Geral de vulnerabilidade ambiental para a monocultura de cana-de-açúcar.....</i>	<i>82</i>
<i>Quadro 2 – Critérios para avaliação de políticas ambientais (Baseado em BAUMOL & OATES, 1979; PERMAN et al., 1996).....</i>	<i>83</i>
<i>Quadro 3 – Análise da consideração dos componentes de sensibilidade no zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro de São Paulo.....</i>	<i>94</i>
<i>Quadro 4 – Aplicação de critérios para políticas ambientais para o contexto da cana-de-açúcar em São Paulo, com enfoque no zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro.....</i>	<i>103</i>

LISTA DE SIGLAS

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental
APA – Área de Proteção Ambiental
APP – Área de Preservação Permanente
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CHES – Couple Human-Environment System
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CTC – Centro de Tecnologia Canavieira
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
EPA – Environmental Protection Agency
ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
EVA – Environmental Vulnerability Assessment
EVI – Environmental Vulnerability Index
FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
GEE – Gases de Efeito Estufa
GEO – Global Environmental Outlook
IAA – Instituto do Açúcar e do Alcool
IG – Instituto Geológico
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente
PROÁLCOOL – Programa Nacional do Alcool
RA – Regiões Administrativas
RAP – Relatório Ambiental Preliminar
ReVA – Regional Vulnerability Assessment
RL – Reserva Legal
RLV – The Risk, Livelihoods and Vulnerability Program
RPPN – Reserva Privada do Patrimônio Particular
SAA – Secretaria de Agricultura e Abastecimento
SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente
SMA – Secretaria do Meio Ambiente
SOPAC – South Pacific Applied Geosciences Commission
TGS – Teoria Geral dos Sistemas
UNICA – União das Indústrias de Cana-de-Açúcar
ZAA – Zoneamento Agroambiental
ZAE – Zoneamento Agroecológico
ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 Geral.....	17
2.2 Específicos.....	17
3. REVISÃO DA LITERATURA	18
CAPÍTULO I – INTERFACE ENTRE OS SISTEMAS ECOLÓGICO E ECONÔMICO.....	18
1. Abordagem sistêmica aplicada ao Planejamento e à Gestão Ambiental	18
2. O sistema ecológico	20
3. O sistema econômico	26
4. Interface econômico-ecológica e os problemas ambientais.....	31
5. Economia Ecológica.....	37
6. Vulnerabilidade Ambiental	41
CAPÍTULO II – GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA ESCALA DE PAISAGEM.....	52
1. Paisagem	52
2. A análise de paisagem	54
3. Gestão e planejamento ambiental.....	56
4. Instrumentos de gestão ambiental	63
CAPÍTULO III – A MONOCULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR	69
1. Histórico	69
2. Os problemas socioambientais	72
3. A cana-de-açúcar no Estado de São Paulo	75
4. ABORDAGEM METODOLÓGICA	79
4.1 Conceito central	79
4.2 Modelo de análise.....	79
4.3 Estudo de caso	83
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
5.1 O modelo de vulnerabilidade ambiental para a monocultura de cana-de-açúcar.....	85
5.2 As políticas públicas em relação à cana-de-açúcar em São Paulo.....	88
5.3 Análise do zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro	92
5.4 Avaliação e discussão das políticas públicas ambientais relacionadas à cana-de-açúcar no Estado de São Paulo	102
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

1. INTRODUÇÃO

A economia ecológica adota uma perspectiva sistêmica quanto à interface entre economia e ecologia, a partir da qual o sistema econômico é visto como um subsistema do sistema ecológico, permitindo que o desenvolvimento de conhecimento teórico e empírico estejam focados nas propriedades que emergem da relação entre esses sistemas, em busca de soluções políticas e de gestão para os problemas ambientais que surgem dessa relação e que afetam o próprio bem-estar da humanidade.

A partir dessa abordagem é possível discutir a questão da vulnerabilidade ambiental como uma propriedade que emerge da interação dos seres humanos com o meio ambiente, visto que as mudanças causadas pelo homem nos ecossistemas e nos serviços ecossistêmicos geram situações em que o universo composto pela sociedade e pela natureza se torne mais vulnerável e menos resiliente às mudanças ambientais. Componentes de vulnerabilidade ambiental podem ser identificados dentro do contexto de uma paisagem, já que permitem uma visão sistêmica das conexões entre os elementos naturais e humanos de determinados territórios.

Essa temática se mostra relevante no desenvolvimento das ciências ambientais pelo fato de que o conhecimento acerca da vulnerabilidade ambiental de um território é fundamental para a compreensão da sustentabilidade e da viabilidade da existência de atividades humanas, sendo possível por meio desse tipo de análise obter dados sobre os atributos presentes no meio que são alterados em função das atividades existentes.

Além disso, os esforços atuais na identificação das vulnerabilidades ambientais de um determinado território têm-se revelado uma ferramenta essencial para o direcionamento de esforços de gestão para a conservação dos recursos naturais e para o provimento de resiliência nos ecossistemas, além gerar subsídios para ações que busquem a diminuição da vulnerabilidade ambiental de territórios já dotados de baixa resiliência.

No Brasil, um problema atualmente emergente que tende a aumentar significativamente a vulnerabilidade dos sistemas econômicos e ecológicos de forma integrada refere-se à atividade agrícola monocultora baseada em grandes propriedades, como é o caso da cana-de-açúcar, devido aos impactos ambientais negativos e às alterações no território em direção de uma diminuição da resiliência ecossistêmica que estas atividades proporcionam.

Esses problemas resultantes são considerados externalidades negativas do processo econômico das atividades agrícolas, como falhas de mercado que geram a necessidade de intervenção por parte do Estado para que sejam internalizadas no próprio processo produtivo, a partir de instrumentos de política ambiental, como é o caso do zoneamento. Nesse sentido, é plausível considerar que as políticas públicas direcionadas ao setor sucroalcooleiro deveriam incluir as questões sobre as vulnerabilidades ambientais dos territórios relacionados com estes tipos de atividade com o objetivo de diminuir dos impactos ambientais gerados, garantindo a perpetuação do funcionamento ecossistêmico e da própria atividade interventora.

No caso do Estado de São Paulo, umas das principais políticas voltadas à atividade canavieira é o zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro de São Paulo (ZAA). Assim, os componentes de vulnerabilidade ambiental relacionados ao contexto do cultivo de cana-de-açúcar precisam ser amplamente considerados neste instrumento, para que as restrições ambientais dos territórios alvos dessa atividade significativamente degradadoras seja devidamente considerado nos processos de ordenamento territorial.

Nesse contexto, o presente trabalho tem a seguinte pergunta norteadora: As políticas públicas que visam à expansão da atividade monocultora da cana de açúcar, como incentivo ao setor sucroalcooleiro, têm sido estabelecidas com atenção à vulnerabilidade ambiental dos territórios?

2. OBJETIVOS

2.1 *GERAL*

Analisar de que forma as dimensões de vulnerabilidade ambiental são consideradas nas políticas públicas relacionadas à expansão do cultivo de cana-de-açúcar, como incentivo ao setor sucroalcooleiro, no Estado de São Paulo.

2.2 *ESPECÍFICOS*

- Identificar os fatores de vulnerabilidade ambiental (exposição, sensibilidade e resiliência) para o caso da monocultura de cana-de-açúcar.
- Identificar as políticas e os instrumentos atuais de planejamento do Estado de São Paulo para a expansão da cana-de-açúcar.
- Analisar componentes de vulnerabilidade ambiental para o caso da monocultura de cana-de-açúcar frente aos mapeamentos que compõem o zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro de São Paulo.
- Avaliar e discutir as políticas ambientais do Estado de São Paulo de incentivo a expansão da cana-de-açúcar.

3. REVISÃO DA LITERATURA

CAPÍTULO I – INTERFACE ENTRE OS SISTEMAS ECOLÓGICO E ECONÔMICO

1. ABORDAGEM SISTÊMICA APLICADA AO PLANEJAMENTO E À GESTÃO AMBIENTAL

A Teoria Geral dos Sistemas – TGS foi enunciada inicialmente pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy na década de 1940, num contexto de desenvolvimento de um novo campo na ciência que tivesse uma abordagem generalista, ao contrário da prática científica especializada e da visão mecanicista predominantes até então. De acordo com Bertalanffy (1977), *“trata-se de um campo lógico-matemático, cuja tarefa é a formulação e a derivação dos princípios gerais aplicáveis aos ‘sistemas’ em geral”*.

A concepção da TGS e sua aplicação empírica por meio da abordagem sistêmica foram orientadas pelo esgotamento das possibilidades da abordagem reducionista em explicar fenômenos complexos por meio da super especialização das ciências. Esta última baseia-se na hipótese de que a realidade pode ser explicada a partir do somatório do denso conhecimento das unidades pertencentes a um sistema, sem olhar as interações emergentes entre tais unidades (BRANCO, 1999).

Por trás da TGS existe uma base filosófica que considera que o todo não é a soma das partes, mas sim a síntese, implicando assim, a existência de algo indefinível. Este algo é uma propriedade conectiva que altera as propriedades do todo em relação às partes, sendo derivada da organização (BRANCO, 1999).

Ao longo dos anos a TGS foi evoluindo e aumentando seu campo de aplicação, atualmente é vista como uma tendência para a compreensão integrada entre os sistemas ambientais, sociais e econômicos, além do que é considerada como uma perspectiva para a busca de princípios gerais que possam organizar a ciência como uma unidade.

O conceito de sistema, essencial para o entendimento da TGS, é definido de diferentes formas, mas tem em comum a ênfase nas inter-relações entre as unidades e elementos que compõem o sistema. Alguns consideram os aspectos de complexidade e organização como centrais para a concepção de um sistema (BRANCO, 1999). Para Aímola (2002):

Um sistema é um conjunto de elementos, dotado de uma fronteira, que mantém relações entre si constituindo a estrutura do sistema, que pode

mudar com o tempo. Um subsistema é um sub conjunto de elementos de um sistema que é também um sistema.

No mesmo sentido, Chorley *et al.* (1985) definem que um sistema pode ser entendido como uma totalidade formada pela integração do conjunto de unidades componentes, em que os relacionamentos estruturais e funcionais estabelecem um padrão geral de comportamento que não pode ser observado nas unidades componentes, quando desagregadas.

O conjunto dos elementos estruturais inter-relacionados dos sistemas apresenta um constante fluxo energético e um mecanismo regulador que controla o funcionamento geral devido a processos de retroação. Assim, o sistema é dito auto-regulável por manter um equilíbrio dinâmico entre as partes, embora dependa de uma fonte de energia externa (BRANCO, 1999).

Para a delimitação de um sistema é necessária a identificação de um comportamento geral responsável pela organização da estrutura e funcionamento entre as unidades menores. Em se tratando de sistemas ambientais, este comportamento é constituído pelo fluxo de matéria e energia que organiza a estrutura e o funcionamento entre os componentes físicos, bióticos, sociais e econômicos (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os sistemas ambientais são diversificados e podem ser delimitados por diferentes abordagens, na linha de planejamento e gestão ambiental o sistema mais amplamente usado é a bacia hidrográfica. Essa é um sistema que é formado por diversas unidades e sub-sistemas de diferentes naturezas (físico, biótico, social e econômico) que compõem uma totalidade. A estrutura e funcionamento geral diferem daquelas existentes em cada unidade, apresentando uma complexidade resultante dos inúmeros fluxos de matéria e energia que ocorrem entre suas unidades e sub-sistemas.

Ainda que os instrumentos de política ambiental requeiram esta perspectiva sistêmica na definição dos objetivos, dos métodos e na tomada de decisão, os processos de planejamento brasileiros ainda estão fortemente orientados por uma abordagem setorial (SANTOS, 2004), desenvolvida a partir de uma visão reducionista e mecanicista das relações entre sociedade e natureza. Como resultado desta abordagem, preconiza-se normalmente a amplificação da eficiência econômica relacionada a um determinado setor, em detrimento de outros setores, da própria qualidade ambiental e da vulnerabilidade ambiental do território.

Em um sentido complementar, para o entendimento dos problemas ambientais e a busca de soluções efetivas é essencial uma visão integrada dos sistemas ecológicos e econômicos e das propriedades que emergem da relação dos dois, visto que o ser humano faz parte do sistema ambiental e as suas decisões econômicas afetam o ecossistema, gerando

consequências negativas inclusive para o homem que depende de diversos serviços providos pela natureza.

2. O SISTEMA ECOLÓGICO

Mesmo antes de Bertalanffy enunciar o arranjo teórico da TGS, a noção geral da abordagem sistêmica já estava presente em alguns campos científicos, com é o caso da Ecologia, a qual compreende os sistemas como universos abertos (há entrada e saída de matéria e energia) e utiliza a visão termodinâmica para a compreensão dos processos envolvidos.

Este campo de conhecimento tem como objeto de estudo o sistema ecológico ou ecossistema, definido como

qualquer unidade (biosistema) que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto (a comunidade biótica) numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não-vivas (ODUM, 1988).

O termo Ecologia foi enunciado na década de 1930 pelo ecólogo inglês A. G. Tansley que foi capaz de visualizar as partes físicas e biológicas da natureza de forma integrada devido à dependência dos animais e plantas da sua vizinhança física e da contribuição para manutenção do ambiente ao redor (RICKLEFS, 1996). Mas esse conceito é mais antigo, visto que na remota história escrita é possível encontrar menção a idéia de unidade entre organismos e seu ambiente (ODUM, 1988).

O ecossistema é formado por componentes bióticos e abióticos (ambiente físico), em que há ciclagem de nutrientes e fluxo de energia com grandes e complexas inter-relações entre seus componentes (ODUM, 1988). Assim, são sistemas adaptativos complexos que apresentam propriedades sistêmicas macroscópicas derivadas das interações entre seus componentes, como estrutura trófica, relação produtividade-diversidade e padrões de fluxos de nutrientes, podendo existir efeitos de retroalimentação (*feedback*) que irão influenciar o desenvolvimento subsequente dessas interações (LEVIN, 1998).

Existem diversas formas de interação dentro dos ecossistemas e das suas sub-organizações. Dentro das comunidades, por exemplo, existem relações importantes das espécies que mantêm diferentes tipos de interações inter e intra-específicas, como a

competição, predação, parasitismo, simbiose e mutualismo (BEGON, HARPER & TOWNSEND, 1996).

Outro ponto importante sobre as interações entre os componentes dos ecossistemas se relaciona com os diferentes grupos de populações que formam as cadeias tróficas. Os produtores são os organismos autótrofos que sintetizam o próprio alimento, o que significa que estes organismos são capazes de acumular energia potencial na forma de energia química das matérias orgânicas sintetizadas. Esse processo ocorre através da luz solar (fotossíntese) ou da oxidação de substâncias inorgânicas (quimiossíntese) (ROGER, 1983).

Os consumidores são, em geral, divididos em de primeira ordem que dependem diretamente dos produtores e, assim, são organismos herbívoros ou detritívoros, e os de segunda e terceira ordem que são os carnívoros. Também existe o grupo dos decompositores que formam o final da cadeia trófica, composto por microorganismos (fungos e bactérias) que absorvem os nutrientes da matéria orgânica em decomposição (DAJOZ, 1983).

A cadeia alimentar ou trófica é formada pelo conjunto de transferências de energia entre as populações, quanto mais complexa a comunidade, maior o número de organismos que se utilizam dos recursos disponíveis, formando de fato teias ou redes alimentares (MANTOVANI & SANTOS, 2007). Nas transferências de energia, entre os organismos ou entre os níveis tróficos, grande parte desta é degradada em calor, assim, os fluxos de energia diminuem em cada nível trófico (ODUM, 1988) – fator que evidencia o emprego das leis da Termodinâmica na compreensão dos ecossistemas.

A energia, proveniente em última instância da luz do sol, entra no domínio biológico através da fotossíntese e produção vegetal, proporcionando energia para os animais e microorganismos não-fotossintéticos e parte deixa o sistema (RICKLEFS, 1996). O fluxo de energia ocorre somente em um sentido, sendo que parte da energia que entra no sistema é transformada pela comunidade e outra parte é degradada e sai do sistema como calor. A energia presente no sistema pode ser transformada, armazenada, liberada de forma controlada ou exportada, mas nunca reutilizada (ODUM, 1988).

O ecólogo Eugene P. Odum desenvolveu um modelo de ecossistema com diagramas de fluxo de energia que simplificaram a natureza, apresentando cada nível trófico como uma caixa representando a biomassa (ou equivalente energético) e os fluxos de energia como os caminhos dentro da caixa (RICKLEFS, 1996).

Como todos os ecossistemas são abertos, também ocorre ciclagem de nutrientes e fluxo de energia com outros sistemas. Dessa forma, necessariamente há uma entrada e uma saída de energia e matéria, essas ocorrem em ambientes acoplados e essenciais para que o

sistema funcione e se mantenha. Os ambientes de entrada e de saída juntamente com o sistema em si delimitado formam o ecossistema, conforme a Figura 1 abaixo (ODUM, 1988):

Figura 1 – Esquema mostrando o ecossistema como um sistema aberto (ODUM, 1988)

O tamanho desses ambientes varia de acordo com alguns parâmetros, como o tamanho do sistema (quanto maior o sistema, menos dependente do exterior); intensidade metabólica (taxas maiores levam a maiores entradas e saídas); equilíbrio autotrófico-heterotrófico (quanto maior o desequilíbrio, mais componentes externos são requeridos para o reequilíbrio); estágio de desenvolvimento (sistemas jovens e maduros apresentam complexidades diferentes); dentre outros (ODUM, 1988).

Nesse contexto, é possível perceber que o sistema ecológico é termodinâmico, considerando que o movimento e as transformações de massa e energia obedecem às leis de conservação quantitativa de energia e de perda de qualidade energética a partir da realização de trabalho (RICKLEFS, 1996). A primeira lei da termodinâmica ou lei da conservação da energia enuncia que a energia pode ser transformada de um tipo para outro, mas não pode ser criada e nem destruída. Esse fato é essencial para todos os tipos de ecossistemas, já que as diferentes formas de vida estão acompanhadas pelas mudanças energéticas, através de crescimento, autoduplicação e síntese de matéria, mas a energia nunca é criada ou destruída. Assim, a energia solar que atinge a biosfera é balanceada pela energia em forma de radiação térmica que deixa a superfície terrestre (ODUM, 1988).

A segunda lei da termodinâmica ou lei da entropia também é essencial para o entendimento do funcionamento dos sistemas ecológicos, a partir da idéia de que nenhum

processo de transformação de energia ocorre de forma espontânea, a menos que haja uma degradação de energia de uma forma mais concentrada (ou organizada) para uma forma dispersa (ou desorganizada) (ODUM, 1988). Isto significa que a energia passa por um processo de degradação qualitativa e irreversível, impossibilitando a sua reutilização na produção do mesmo processo. Essa perda de capacidade de gerar trabalho, proporcional a energia utilizada, é denominada de produção de entropia (BRANCO, 1999).

Relacionada a esta segunda lei da termodinâmica está o princípio da entropia que afirma a impossibilidade teórica da ordem ser gerada a partir da desordem em um sistema isolado, como por exemplo, um objeto mais frio, mesmo tendo calor, passá-lo para outro mais quente (BRANCO, 1999). Como os ecossistemas são sistemas abertos que trocam continuamente energia e matéria com outros sistemas, são capazes de manter um estado de baixa entropia aumentando a entropia externa (ODUM, 1988).

Assim, a ordem é mantida através de uma contínua e eficiente dissipação de energia de alta utilidade, como luz e alimento, para uma energia de baixa utilidade, ou seja, calor (ODUM, 1988). Dessa forma, a organização interna de um sistema é um processo de arranjo dos seus componentes de forma a garantir um maior rendimento nas transformações energéticas (BRANCO, 1999).

Ao contrário da energia, nos ecossistemas, a matéria, como os nutrientes – carbono, nitrogênio, fósforo, potássio – e água, pode ser utilizada inúmeras vezes. A eficiência e a quantidade importada e exportada variam de acordo com as características e composição do ecossistema (ODUM, 1988). O transporte da matéria ocorre de forma circular, ou seja, os diversos elementos são constantemente reciclados, ao contrário da energia que é degradada e perdida sem poder ser reutilizada indefinidamente (DAJOZ, 1983).

A circulação dos nutrientes ocorre através dos ciclos biogeoquímicos, em que os elementos se alternam entre a matéria orgânica e inorgânica (DAJOZ, 1983). Isso significa que os elementos químicos percorrem o caminho circular entre os organismos vivos e o ambiente (rochas, solo, ar e água), sendo que os que apresentam função biológica conhecida são denominados nutrientes, mas também existem outros elementos circulantes que não são essências para a vida (ODUM, 1988).

Todos esses componentes e estruturas fazem com que os ecossistemas sejam sistemas complexos, adaptativos e em constante evolução. Segundo Branco (1999) a complexidade implica na existência de conexões de natureza muito particular entre espécies de um mesmo ecossistema, estas também geram propriedades para o todo, assim, o papel das interligações depende da sua relação com o sistema como um todo. Um exemplo são as relações entre

produtores, consumidores, decompositores e elementos geoquímicos que asseguram em conjunto a reciclagem completa da matéria.

As relações de interdependência entre as espécies de um sistema e destas com o ambiente físico demonstram que os ecossistemas desenvolvem-se como um todo, através do desenvolvimento de cada elemento. Esse processo ocorre em função das alterações ambientais físicas, é considerado um estágio superior do princípio homeostático e se dá sempre de forma probabilística, não sendo possível utilizar inferências determinísticas para explicá-lo (BRANCO, 1999).

A homeostase está associada à manutenção de uma estabilidade geral do sistema em relação às modificações provocadas por eventuais fatores externos, sendo que o equilíbrio é dinâmico, ou seja, aquele que não se mantém no mesmo estágio o tempo todo, ocorrendo constantes adaptações dos elementos e interconexões do sistema que se ajustam a novas situações e isto implica em trocas de informação eficientes (BRANCO, 1999).

Nos ecossistemas, os elementos dispõem de meios eficientes e indispensáveis de comunicação e difusão de informação entre si, como por exemplo, a cor ou odor de uma flor pode ser um sinal para determinada espécie de inseto a disponibilidade de néctar. Esse meio de informações químicas e físicas é responsável pela integração do ecossistema, ou seja, constitui os elos de ligação entre os elementos (BRANCO, 1999).

Outra característica importante dos ecossistemas, vistos como sistemas adaptativos complexos, é a diversidade. Essa, reconhecida normalmente como biodiversidade, inclui todos os aspectos da variabilidade do mundo vivente. Pode se referir ao número de espécies, variação genética entre indivíduos ou entre populações, ou número de tipos de comunidades presentes em uma área (BEGON, HARPER & TOWNSEND, 1996). Essa é um elemento estrutural dos ecossistemas e sua variabilidade entre ecossistemas é também um elemento importante da biodiversidade (MEA, 2005).

A existência de diferentes espécies é essencial para a manutenção dos sistemas ecológicos, destacando o papel fundamental em relação à evolução adaptativa, incluindo a seleção natural e o processo de adaptação que ocorre nos sistemas complexos (LEVIN, 1998).

Porém, nem todas as espécies têm a mesma importância para o funcionamento do sistema e um estudo de ecossistemas de modo integrado deve considerar essas diferenças. Ressalta-se que existem espécies-chave que tem um papel desproporcional ao seu tamanho na dinâmica da sua comunidade, e que a eliminação dessas espécies pode gerar respostas de extinções locais em cascata e mudanças fundamentais nos ecossistemas. De modo geral, processos ecossistêmicos de importância central não serão controlados por espécies

individuais, mas sim por um pequeno conjunto de espécies que formam um grupo funcional chave (LEVIN, 1998).

A importância dos ecossistemas e seus serviços

Os ecossistemas e a diversidade entre os seres vivos têm um valor intrínseco, independente de qualquer preocupação humana. Porém, é fundamental destacar que estas estruturas trazem benefícios tangíveis e intangíveis que podem ser classificados numa definição ampla de serviços ecossistêmicos (ANDRADE & ROMEIRO, 2009).

Os elementos estruturais dos ecossistemas apresentam complexas interações que originam as funções ecossistêmicas, as quais são reconhecidas como serviços ecossistêmicos quando apresentam a possibilidade ou potencial de serem empregadas para fins humanos (HUETING *et al.*, 1998).

A contínua pressão que os diferentes ecossistemas, em todas as escalas, vêm sofrendo devido à crescente demanda humana pelos recursos naturais, gera consequências graves como a perda de biodiversidade e dos serviços que os seres humanos dependem.

Estes serviços que incluem os benefícios que o ser humano obtém dos ecossistemas, podem ser divididos em quatro categorias (MEA, 2005):

- Provisão (abastecimento) – Inclui os produtos obtidos dos ecossistemas, como alimentos, água, madeira, combustível, fibras e recursos genéticos.
- Regulação – Relaciona-se com as características regulatórias dos ecossistemas, inclui processos como os de regulação climática, de doenças, biológica e de danos naturais. Além de polinização e regulação e purificação da água.
- Culturais – Inclui componentes não-materiais que o homem obtém dos ecossistemas, como o ecoturismo, recreação e herança cultural. Além de aspectos espirituais, religiosos, estéticos e de inspiração.
- Suporte – São os serviços necessários para a produção de outros, inclui a formação do solo, produção de oxigênio, ciclagem de nutrientes e produção primária.

Todo esse conjunto de serviços é essencial para o bem-estar dos seres humanos, pois interfere de modo positivo em diferentes elementos considerados essenciais como bens

materiais básicos para uma vida adequada, segurança, saúde, boas relações sociais e liberdade de escolha (MEA, 2005).

Atualmente existe um esforço considerável em pesquisas para quantificar, valorar e manejar esses serviços, contribuindo, assim, na geração de informação que pode mudar a relação da sociedade para com o meio ambiente. Porém, é necessário mudar a forma como os serviços ecossistêmicos são tratados, em que a quantificação ainda é baseada em análises estáticas, além de focada em serviços específicos, ignorando o caráter dinâmico do sistema, incertezas e os *feedbacks* (NICHOLSON *et al.*, 2009).

Assim, é necessário um conhecimento dos padrões ecológicos e socioeconômicos, demandando uma abordagem interdisciplinar e a consideração das incertezas existentes. Dessa forma, é possível mover essa agenda de pesquisa no sentido de desenvolver modos de intervenção que possam ser rapidamente absorvidos na administração dos serviços ecossistêmicos em um mundo em constante mudança (NICHOLSON *et al.*, 2009).

3. O SISTEMA ECONÔMICO

A abordagem predominante da economia, conhecida como *mainstream*, ao contrário da ecologia, compreende os sistemas como não termodinâmicos e isolados, ainda que isto só seja possível como uma abstração física. Assim, são ignoradas as leis físicas da termodinâmica para que o sistema econômico possa ser compreendido isoladamente. Com isso, deixa-se de incluir nas análises a entrada e saída de matéria e energia, além das transformações e perdas inevitáveis que ocorrem no processo econômico. Isto significa que não é considerado o aumento de entropia durante as transformações de matéria e energia em bens, que ocorre devido à degradação qualitativa e irreversível desses, impossibilitando a sua reutilização em outros processos produtivos.

O sistema econômico será tratado aqui a partir do que Cavalcanti (2010) chama de Visão Econômica da Economia, como sendo a concepção geral que inclui o conjunto de idéias do campo da economia que prevaleceu durante o século XX, e prevalece até hoje, e pode ser encontrado nos livros textos ou manuais voltados ao aprendizado do funcionamento do mundo econômico (CECHIN, 2010).

Essa visão considera o sistema econômico como um sistema isolado e circular que pode ser representado por um diagrama de fluxo circular que ilustra a relação de produção e

consumo, representando como circulam produtos, insumos e dinheiro entre empresas e famílias (CECHIN, 2010). O diagrama pode ser encontrado nos diversos manuais de economia como o de Mankiw (2008) apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Diagrama do fluxo circular da economia (MANKIW, 2008)

Esse diagrama mostra o sistema econômico como uma totalidade, compreendido como um sistema isolado e autocontido em que nada (matéria e energia) entra ou sai. Essa visão está relacionada com analogias e metáforas da mecânica clássica pertencente à física da primeira metade do século XIX. Isso significa que o sistema econômico é compreendido como um fenômeno mecânico, cujos processos podem ser revertidos sem perdas e em qualquer momento, apenas com a alteração da posição de recursos no sistema (CECHIN, 2010).

As questões de economia estão relacionadas com grupos de pessoas que interagem e tomam decisões enquanto levam suas vidas, já a ciência econômica se preocupa com o estudo de como a sociedade administra seus recursos escassos (MANKIW, 2008). Essa foi definida pelo economista americano Paul Samuelson, como “uma ciência social que estuda a administração dos recursos escassos entre usos alternativos e fins competitivos” (RIZZIERI, 2003).

O termo escassez em economia é central em função da limitação física para a produção de bens e serviços, devido à existência de recursos limitados (trabalho, terra e capital) acessíveis a cada sociedade. Assim, se busca produzir o máximo a partir dos recursos disponíveis, já que não é possível a produção de uma quantidade infinita de cada bem para que os desejos humanos pudessem ser completamente satisfeitos (RIZZIERI, 2003).

Como os recursos são escassos e as necessidades humanas são ilimitadas, a economia é uma ciência ligada a problemas de escolha ou de alocação de recursos. Dessa forma, os problemas econômicos básicos são: “o que produzir?”, “como produzir?” e “para quem produzir?” (RIZZIERI, 2003).

A economia, segundo Pryor (2004), inclui a totalidade de instituições e organizações que estabelecem relações de propriedade e influenciam na distribuição de bens e serviços. Os termos organização e instituição são essenciais para o entendimento do sistema, esses foram definidos por North (1981; 1998). Segundo o autor as instituições são o conjunto de regras, o respeito, os procedimentos e as normas de moral e ética comportamental destinada a limitar o comportamento dos indivíduos, assim, são consideradas as regras do jogo. Já as organizações são os jogadores, constituídas por grupos de indivíduos unidos por um objetivo comum para atingir certos objetivos, podendo incluir grupos e órgãos políticos, econômicos, sociais e educacionais (PRYOR, 2004).

O sistema econômico predominante é o de mercado, em que a alocação dos recursos escassos entre os usos que competem entre si ocorre através das forças de oferta e demanda. As duas forças juntas determinam a quantidade produzida dos bens e serviços e o preço pela qual são vendidos. Estes últimos são sinas que orientam as decisões econômicas, ou seja, a alocação dos recursos, determinando quem produz cada bem e quanto é produzido, além de quem consome cada bem e quanto é consumido (MANKIW, 2008).

Outros fatores que determinam o consumo são a renda, os gostos, as expectativas, o número de consumidores e o preço de outros bens que são substitutos ou complementares. Já em relação à quantidade ofertada em um mercado são considerados outros fatores como o preço dos insumos, tecnologia, expectativas e o número de vendedores (MANKIW, 2008).

Nas economias de mercados livres, não existe agente econômico (indivíduo ou empresa) que desempenhe o papel de gerenciar o funcionamento do sistema de preços. Cada um apenas se preocupa com os próprios negócios, sobrevivendo na concorrência imposta pelos mercados na venda e compra de produtos (RIZZIERI, 2003). Assim, pressupõe-se que exista um preço de equilíbrio que determina a quantidade de certo bem que os compradores decidirão comprar e a quantidade que os vendedores irão produzir (MANKIW, 2008).

De acordo com esta concepção, o comportamento dos compradores e vendedores leva o mercado para direção do equilíbrio entre oferta e demanda, visto que na situação em que o preço de mercado está acima do preço de equilíbrio, existe um excedente do bem, causando uma diminuição no preço de mercado. Já na situação em que o preço de mercado está abaixo do equilíbrio, há escassez que causa um aumento no preço de mercado (MANKIW, 2008).

Dessa forma, havendo uma diferença entre a quantidade ofertada e demandada de um bem, o preço flutuará até que o equilíbrio se estabeleça (RIZZIERI, 2003).

Com foco nesse contexto, o economista Adam Smith cunhou em 1776, no livro *Riqueza das Nações*, a idéia da “mão invisível” que rege o mercado. Essa é uma imagem metafórica para demonstrar a idéia de que apesar das decisões dos produtores ocorrerem de modo descentralizado, de acordo com os interesses próprios, acabam por levar a consecução dos melhores interesses da sociedade. Assim, a mão invisível dá coerência e eficácia às decisões para que os indivíduos e empresas, quando buscam seus próprios interesses, colaborem para o crescimento do conjunto da riqueza da nação (POSSAS, 1997).

Porém, esse sistema de mercado livre é uma simplificação da vida real e apresenta algumas imperfeições no seu funcionamento que afetam a capacidade de atingir as metas de eficiente alocação dos recursos escassos, distribuição justa de renda, estabilidade de preços e crescimento econômico (RIZZIERI, 2003). Assim, no sistema econômico quando as respostas às instruções do mercado e, em última análise do consumidor, são inadequadas ou imperfeitas é necessária a intervenção do Estado para corrigir as regras do jogo ou adequar as respostas para que harmonize melhor com o interesse público. Esse sistema econômico não-socialista em que existe intervenção do Estado é conhecido como modelo neoclássico (GALBRAITH, 1975). Esse modelo é amplamente reconhecido no mundo e se aplica através do capitalismo.

O capitalismo é um sistema de organização econômica que se baseia na propriedade privada dos meios de produção ou capital. Isso significa que o capitalista é proprietário do conjunto (estoque) de bens econômicos heterogêneos, como máquinas, instrumentos, fábricas, terras e matéria-prima, em que esses são capazes de produzir bens e serviços. Assim, é através da propriedade que o capitalismo se apropria de parte da renda gerada nas atividades econômicas. Vale destacar que nesse sistema os indivíduos recebem os juros, dividendos, lucros, aluguéis e direitos de exploração dos bens de capital (RIZZIERI, 2003).

A questão dos bens públicos e recursos comuns

Em se tratando de bens gratuitos, as forças de mercado que alocam os recursos na economia não existem, ou seja, na ausência de preço os mercados privados não podem assegurar a produção e consumo em quantidades adequadas. Além de que os direitos de propriedade não são bem definidos, não existindo um dono com autoridade legal para

controlar. Dessa forma, tem-se uma falha de mercado que potencialmente pode ser corrigida por políticas governamentais (MANKIW, 2008).

Nesse contexto, se incluí os bens públicos e os recursos comuns que são os bens não-excluíveis, isso significa que estão disponíveis a toda sociedade, os consumidores não podem ser excluídos do consumo desses bens, visto que não existe direito de propriedade sobre esses. Os bens públicos têm outra característica, a de não-rivalidade, o que significa que se alguém desfrutar deste bem não irá prejudicar a utilização por outro. Assim, estes podem ser aproveitados por várias pessoas sem que haja prejuízo, como por exemplo, a segurança nacional e a criação de conhecimento (MANKIW, 2008).

Já os recursos comuns são rivais, visto que a utilização destes por uma pessoa diminui o benefício de outra. Muitos exemplos destes estão relacionados com os recursos providos pela natureza como ar e água puros e espécies animais de valor comercial como peixes e baleias (MANKIW, 2008).

A utilização desses dois tipos de bens envolve alguns problemas derivados das chamadas externalidades. Em se tratando dos bens públicos, a chamada “questão do carona” é uma problemática importante, como as pessoas não pagam por estes tipos de bens, quando o são fornecidos privadamente, elas têm um incentivo a pegar “carona”, ou seja, são beneficiadas mesmo sem pagar. Em relação aos recursos comuns, existe uma tendência destes serem utilizados de forma excessiva, pois cada um utiliza sem considerar os efeitos negativos que está gerando aos outros (MANKIW, 2008).

As externalidades

As externalidades são consideradas como um tipo de falha de mercado na alocação dos recursos, se relacionam com o impacto de ações de uma pessoa sobre o bem-estar de outras que estão próximas, mas não fazem parte da ação (MANKIW, 2008). Isso significa que as externalidades ocorrem quando o consumo ou produção de certo bem gera efeitos (positivos ou negativos) a outros consumidores e/ou firmas, em que estes não são efetivamente compensados no mercado através do sistema de preço (ALMEIDA, 1998).

Assim, no contexto do sistema econômico os problemas que afetam a natureza são considerados externalidades negativas. Essa situação decorre do fato dos recursos do meio ambiente serem bens universais (não excluíveis), ou seja, não são propriedade de ninguém (ALMEIDA, 1998). Como consequência, os recursos naturais não conseguem entrar no sistema de mercado, isso é, no fluxo circular.

As externalidades negativas, como a poluição, ocorrem quando o custo social é maior do que o custo privado (MANKIW, 2008). E na visão econômica tradicional essas podem ser internalizadas no sistema de preços, com métodos adequados, com o objetivo de corrigir a falha (CAVALCANTI, 2010).

Dessa forma, uma solução para o caso da poluição poderia ser a utilização de impostos para que o agente econômico poluidor internalize os custos da poluição. Assim, com a contagem do preço da poluição na produção dos bens irá existir um desincentivo a manter a poluição que está contribuindo para o aumento do custo de produção (MANKIW, 2008).

Porém, a consideração do meio ambiente somente como uma externalidade somente contribui para manutenção do paradigma econômico. Como afirma Cechin (2010) houve muito progresso no campo de estudo da economia, mas todos os saltos e revoluções ocorreram seguindo a mesma idéia inicial do sistema econômico como um fluxo circular isolado.

A economia não pode ser entendida como um fenômeno mecânico, em que é vista como uma máquina moto-perpétuo que é capaz de produzir trabalho ininterruptamente, com o consumo da mesma energia e materiais, como um reciclador perfeito, sem que haja perda de qualidade de energia. Já que esta visão contradiz uma das principais leis da física, a lei da entropia (CECHIN, 2010).

4. INTERFACE ECONÔMICO-ECOLÓGICA E OS PROBLEMAS AMBIENTAIS

Como foi discutido anteriormente, a ecologia e a economia têm concepções diferentes sobre os sistemas. As duas tratam da circulação de matéria e energia. A ecologia compreende os sistemas como abertos e termodinâmicos, nos quais a matéria circula permanentemente entre os elementos orgânicos e inorgânicos através dos ciclos biogeoquímicos, enquanto que a energia entra e sai da cadeia trófica com perda de calor nas transferências entre os níveis tróficos.

A visão econômica é mecanicista por compreender o sistema isoladamente, sem considerar que para a manutenção do sistema produtivo ocorrem transformações de matéria e energia em bens que servem a necessidade humana e que nesse processo existe uma degradação qualitativa inevitável da energia, impossibilitando uma reutilização contínua. Essa situação leva ao distanciamento dessas duas disciplinas, mas é importante que isso seja

revertido para que os problemas ambientais que surgem da interface entre os sistemas ecológicos e os econômicos possam ser compreendidos em sua totalidade, possibilitando encontrar soluções para os problemas atuais.

Com a inter-relação entre esses sistemas, surgem os problemas relacionados à interferência do homem na natureza. Segundo Bernstein (1981) a degradação ambiental advém de decisões econômicas sobre o uso dos recursos naturais que são baseadas na falsa suposição que esses dois sistemas são separados e que os fluxos estão somente na via de exploração do meio ambiente. Ao contrário, o sistema natural e o humano estão interconectados por uma rede de processos, em que a sociedade depende, mesmo involuntariamente, de serviços providos pela biosfera (BERNSTEIN, 1981).

As contínuas perdas ambientais, que são também econômicas, mostram a necessidade de considerar as inter-relações das diferentes partes do ambiente que são importantes para a sobrevivência humana e natural (BERNSTEIN, 1981). No próprio conceito de meio ambiente estas inter-relações devem ser consideradas, afinal não é apropriado considerar o ser humano como uma parte separada do conjunto do meio ambiente. Este é definido por Aímola (2002) como o sistema formado conjuntamente por todos os ambientes humanos (aqueles acoplados ao conjunto de indivíduos inter-relacionados) e todos os subsistemas da ecosfera (atmosfera, hidrosfera, biosfera e tecnosfera) a esses atrelados.

De alguma forma todos os problemas ambientais que a sociedade encara atualmente estão ligados as mudanças que o meio ambiente ou um dos seus subsistemas enfrenta devido à ação humana. A dinâmica dessas mudanças se dá pelas propriedades estruturais que definem a estabilidade ou a instabilidade do sistema frente à determinada perturbação (AÍMOLA, 2002).

O comportamento dos animais é definido por mecanismos de seleção natural e ocorrem em função das “necessidades” do ecossistema como um todo. Contudo, o ser humano é a única espécie que apesar de ter se originado pelo princípio de seleção, tem a condição de manejar as condições que oferecem pressão de seleção. Sem contar que é capaz de desenvolver comportamentos totalmente incompatíveis com seu meio, inclusive destruindo-o, mas sem se destruir prontamente (BRANCO, 1999).

Derivado desse fato, os problemas centrais da ação antrópica estão ligados à rapidez dos processos e a falta de uma diretriz explícita. Na natureza não existe uma finalidade objetiva e consciente que guia a dinâmica dos ecossistemas, tudo ocorre como se houvesse uma força de tendência probabilística e um prazo disponível. O ser humano, ao contrário, mesmo com a sua consciência e capacidade de planejamento, não foi capaz de elaborar suas

metas e objetivos explícitos e sua diretriz em relação à natureza, sem desenvolver um projeto de longo prazo para a humanidade e seu ambiente (BRANCO, 1999).

Dessa forma, verifica-se um descompasso entre as condicionantes que regem o desenvolvimento natural dos sistemas ambientais e o desenvolvimento dirigido promovido pelas sociedades por meio da economia, carecendo de uma reconciliação entre o ser humano e natureza no sentido de um reequilíbrio dinâmico que permita a sobrevivência do homem na Terra (BRANCO, 1999).

Para isso ocorrer, segundo Branco (1999), é fundamental uma visão ecossistêmica que permite ver além dos exames analíticos dos efeitos pontuais da ação humana sobre os ecossistemas. O olhar holístico que possibilita a percepção da função e das conexões entre os sistemas é imprescindível para encontrar o caminho da solução do problema essencialmente ético da relação homem-natureza.

Para entender os processos relacionados à interface econômico-ecológico é importante conhecer a dinâmica dessa relação, destacando diferenças e semelhanças entre a economia e ecologia e conseqüentemente as propriedades que emergem da relação entre os dois sistemas.

Inicialmente é importante destacar que todas as decisões ecológicas e econômicas têm dimensões tanto no espaço quanto no tempo, assim, é necessário identificá-las e resolver os conflitos temporais e espaciais que atualmente existem entre as duas disciplinas (LUNNEY *et al.*, 1997).

Uma semelhança fundamental entre essas duas ciências é que as duas buscam entender e prever o comportamento de sistemas complexos e interconectados, em que o comportamento de indivíduos e os fluxos de matéria e energia são importantes. Essas estão interessadas na alocação de recursos escassos entre consumidores competitivos (BERNSTEIN, 1981).

A duas compreendem a evolução como um processo que converge para o equilíbrio dinâmico e que altera significativamente o meio ambiente, possivelmente de forma irreversível. Assim, alguns processos de evolução são comuns: (1) a mutação aumenta a diversidade biológica, já as invenções e inovações fazem o mesmo no sistema econômico; (2) a replicação genética garante a continuidade no tempo de uma espécie, em economia a incorporação e a herança de bens fazem o mesmo, no sentido de uma corporação poder persistir mesmo que os empregados e donos mudem; (3) a competição identifica os vencedores e perdedores nos dois casos, o vencedor é aquele que é mais apto a sobreviver e o perdedor é selecionado para fora do sistema; (4) as respostas imediatas aos estímulos

ambientais são similares, “lutar ou fugir”, em que a adaptação é a resposta de longo prazo (AYRES, 2004).

Mas as duas abordagens científicas têm perspectivas diferentes, visto que a evolução biológica é um processo lento, probabilístico, orientado por fenômenos físicos e implementado por estratégias reprodutivas e competitivas selecionadas como adaptações a nichos ambientais específicos. Já do ponto de vista econômico a evolução é bem mais rápida e finalística, ou seja, essencialmente dirigida por decisões humanas conscientes (AYRES, 2004).

Outra similaridade entre estas visões se relaciona às mudanças e às incertezas como questões importantes para os dois sistemas, já que estão constantemente submetidos a essas. Os processos, estruturas e interações que caracterizam o sistema natural e o econômico podem ser vistos como respostas à presença e/ou expectativa de mudanças e incertezas (BERNSTEIN, 1981).

Em relação às diferenças entre economia e ecologia, segundo Ayres (2004), o trabalho, como agregador de valor (energia) aos materiais, não teria analogia em ecologia como um fator de produção formal. Além de que o processo de crescimento, em economia, é mais complexo e inclui a substituição de recursos naturais (energia) por trabalho humano.

Contudo, o que de fato afasta estas duas perspectivas científicas é a visão do sistema econômico pelos economistas. Cechin (2010) apresenta o trabalho do pesquisador romeno Nicholas Georgescu-Roegen que foi um precursor na percepção das restrições da visão neoclássica do processo econômico que compreende este como uma máquina, em que as mudanças qualitativas não são consideradas parte da dinâmica.

Georgescu-Roegen foi capaz de compreender os fenômenos econômicos, mesmo os ligados a escolhas, como irreversíveis, já que o bem-estar não é uma quantidade e sim um fluxo que segue o tempo. Assim, a economia neoclássica com sua abordagem que ignora a necessidade de entrada de recursos naturais de baixa entropia e a saída de resíduos de alta entropia e, portanto, não considera as inevitáveis transformações qualitativas que ocorrem no sistema econômico (CECHIN, 2010).

Na história da teoria econômica neoclássica três fatos merecem atenção:

O do trabalho, como fonte primordial de riqueza; o do empenho no aumento da eficácia na exploração dos recursos naturais como processo ilimitado de aumento da riqueza e o da ausência de um valor intrínseco nos objetos, uma vez que o valor depende da necessidade de uso ou do trabalho que foi sobre ele aplicado (BRANCO, 1999).

Esses fatos estão relacionados com a visão econômica do processo produtivo através da função de produção. No caso é uma função que demonstra como os insumos são combinados para gerar os produtos, em que são considerados como fatores de produção o trabalho, o capital humano e os recursos naturais (MANKIW, 2008). Assim, é uma Teoria da Produção com interesse nos processos que obtêm a máxima produção possível a partir de certa combinação de fatores de produção (MUELLER, 2007).

Isso leva a visão de que os esses fatores tem natureza semelhante e podem ser substituídos perfeitamente, ou seja, quando um fator está relativamente escasso pode ser substituído por acréscimo de outro. Nesse sentido, os recursos naturais podem ser trocados por capital no processo produtivo, principalmente através de aumento tecnologia que é incorporado ao capital e possibilita melhoria no seu desempenho e, conseqüentemente, diminui a necessidade de trabalho e recursos naturais (CECHIN, 2010).

Todavia, é problemático e questionável acreditar no pressuposto que o os recursos naturais e o capital manufaturado e/ou humano são substituíveis, visto que o próprio capital manufaturado necessita de uma base física. Mesmo uma máquina mais eficiente no processo de transformação material que necessita de menos recursos e gera menos resíduos, exigiu a utilização de recursos energéticos e matérias na sua produção. Dessa forma, os fatores de capital e recursos naturais têm na verdade um a relação de complementaridade (CECHIN, 2010).

No sentido de reconstruir a Teoria da Produção, Georgescu-Roegen desenvolveu uma abordagem que demonstra algumas deficiências da abordagem tradicional das relações entre o sistema econômico e o meio ambiente (MUELLER, 2007). Um dos principais problemas da função de produção é que esta não apresenta as transformações qualitativas que ocorrem em consequência das mudanças quantitativas de insumos e produtos, além de não considerar o caráter temporal da utilização dos insumos, por assumir a organização mais eficiente possível (CECHIN, 2010).

Outra questão importante é que existe uma diferença qualitativa entre os fatores de produção, em que é necessário diferenciar dentro do processo de transformação o que entra e sai relativamente inalterado e o que se transforma dentro dele. Assim, desenvolveu o modelo fundo-fluxo (CECHIN, 2010).

Para ele os fatores de produção são subdivididos em fatores de fundo e de fluxo. Os fatores de fundo constituem a base material do processo, ou seja, representam os agentes que prestam serviços na transformação de insumos em produtos, e são classificados de acordo

com a sua natureza ou papel no processo, conforme as seguintes categorias (MUELLER, 2007):

L = Terra ricardiana (espaço físico no qual se realiza a produção);

K = Capital (máquinas, equipamentos, ferramentas, construções);

H = Força de trabalho.

Já os fatores de fluxo são os elementos empregados no processo produtivo, isto é, os componentes transformados em produto ao longo do processo. Esses são divididos nas categorias (MUELLER, 2007):

R = Insumos da natureza;

I = Insumos correntes (materiais produzidos);

M = Manutenção.

Essas duas naturezas de fatores são os agentes e insumos presentes no intervalo de tempo do processo produtivo, mas que no final resultam em dois outros fluxos (MUELLER, 2007):

Q = Produtos;

W = Resíduos, rejeitos, poluição.

Com isso, a análise Georgescu-Roegen resultou em uma representação matemática conhecida como funcional que nesse caso relaciona a variável dependente (produção) e a função do tempo das variáveis independentes (fatores de produção) (MUELLER, 2007).

A visão de Georgescu-Roegen pode ser considerada uma verdadeira quebra do paradigma econômico, já que anteriormente a ele nenhuma escola de pensamento tinha considerado a economia como um sistema aberto no sentido material de necessidade de entrada de energia e materiais e saída inevitável de resíduos. Dessa forma, o pesquisador foi capaz de ver a economia além da visão mecanicista, incorporando a lei da entropia no seu raciocínio econômico (CECHIN, 2010).

Portanto, a ciência econômica desde a sua origem, através de diferentes escolas e teorias, sempre esteve ligada a visão do sistema econômico como fechado e circular. Como a incorporação das idéias de Georgescu-Roegen necessitaria revisões profundas nas teorias tradicionais da economia, incluindo a mudança da representação do sistema através do diagrama fluxo circular para uma representação aberta e unidirecional, a comunidade dos economistas acabou por isolá-lo (CECHIN, 2010).

Segundo a visão convencional, é aceitável a produção de bens e serviços para a satisfação das necessidades humanas de forma ilimitada, esgotando os recursos naturais e

causando poluição. Mas a situação de degradação ambiental mostra que não se pode adiar a reflexão sobre a relação da sociedade com o meio ambiente (ALMEIDA, 2008).

Mesmo a simples incorporação do fator ambiental na análise econômica não é suficiente para tratar de forma concreta o problema ecológico que a humanidade enfrenta, esse tem seu cerne no impacto das atividades econômicas de uma geração na qualidade de vida das gerações seguintes. Isso ocorre devido à inevitável necessidade de extração de recursos naturais e acumulação de poluição que prejudicam o meio ambiente para que exista crescimento econômico (CECHIN, 2010). Essa questão leva a necessidade de encontrar formas de desenvolvimento que não signifique somente crescimento econômico e que considere adequadamente a interação entre o sistema econômico e ecológico e as propriedades que emergem desta relação.

Uma perspectiva diferenciada sobre a relação entre economia e ecologia é a da economia ecológica, pois esta vê o sistema econômico como um subsistema do sistema ecológico. Dentro dessa abordagem é interessante discutir a vulnerabilidade ambiental que surge da interação dos seres humanos com o meio ambiente, visto que as mudanças causadas pelo homem nos ecossistemas e nos serviços ecossistêmicos geram situações em que pessoas e lugares se tornam mais vulneráveis e menos resilientes as mudanças ambientais.

É possível, portanto, admitir que a evolução ecossistêmica convirja de forma probabilística para a manutenção da capacidade de realização de trabalho pelos sistemas naturais no longo prazo, o que requer também a manutenção da vulnerabilidade ambiental em níveis baixos. Por outro lado, a evolução das inovações da sociedade – engendradas por uma visão econômica não termodinâmica – parece orientar o desenvolvimento humano por uma visão de curto prazo, no qual a vulnerabilidade ambiental pode ser comprometida e afetar de forma determinante a própria capacidade da sociedade realizar trabalho no longo prazo.

5. ECONOMIA ECOLÓGICA

A questão ambiental incorporada à economia tem duas linhas principais: a da economia ambiental e da economia ecológica. A primeira é o *mainstream* neoclássico que não considera em longo prazo os recursos naturais como um limite absoluto à expansão da economia. Nesse sentido, esses são perfeitamente substituíveis por capital e trabalho e a disponibilidade dos recursos naturais pode ser superada por progresso técnico que contribui para que seja possível a substituição (ROMEIRO, 2003).

Essa linha está ligada à idéia de sustentabilidade fraca, que tem como principal expoente Robert Solow. Segundo este pesquisador o importante é que todos os fatores do processo produtivo, ou todos os capitais (manufaturado, humano e natural), devem ser mantidos constantes ao longo do tempo. Essa manutenção da capacidade produtiva está associada a uma necessidade do consumo *per capita* seja mantido constante ou crescente (CECHIN, 2010). Nessa abordagem não se considera que certos recursos naturais têm características únicas que, por não serem produzidos, não poderiam ser substituídos através da ação humana (ROMEIRO, 2003).

De acordo com a corrente de economia ambiental os limites ambientais ao crescimento econômico podem ser ampliados através de mecanismos de mercado. Em relação aos insumos materiais e energéticos que são transacionados no mercado, a escassez crescente do recurso gera aumento de preço que leva ao ingresso de inovações capazes de poupá-lo, assim, ocorre substituição por outros bens e serviços mais abundante. Já em relação aos recursos naturais com natureza de bens públicos o mecanismo tradicional de mercado apresenta uma falha que precisa ser corrigida para que a disposição a pagar por esses possa ser expressa de acordo com o aumento da escassez (ROMEIRO, 2003). Isso significa a necessidade de internalização das externalidades ambientais negativas.

Portanto, existem algumas propostas para a solução desse problema que passa idealmente pela criação de condições para que os mecanismos de mercado possam agir livremente. Isto poderia ocorrer diretamente através da eliminação do caráter público dos recursos pela definição de direitos de propriedade, ou seja, privatização, mas também indiretamente com processos de valoração econômica da degradação dos bens e serviços e a imposição de valores pelo Estado através de taxação (ROMEIRO, 2003).

Contudo, essa abordagem de precificação para a internalização dos custos de poluição, em que é estabelecido um ponto de equilíbrio, conhecido como poluição ótima, entre os custos de controle e os custos de degradação, ignora princípios ecológicos fundamentais para uma sustentabilidade de fato. No caso dos recursos ambientais transacionados no mercado, na verdade, os preços refletem a disponibilidade de cada bem independente do estoque total. Assim, não são capazes de sinalizar uma extração ótima. Já em relação aos bens públicos somente se considera princípios econômicos de custo e benefício para minimizar o custo total, alocando os recursos entre investimentos em controle de poluição e pagamento de taxas de poluição (ROMEIRO, 2003). Assim, ignora que alguns bens e serviços ambientais não têm valor que possa ser estabelecido por mecanismos de mercado.

O que é essencial de apontar é que, como afirma Cechin (2010), a economia neoclássica com seu olhar específico do sistema econômico trata apenas de objetos produzíveis que podem ser apropriados e valorados. Assim, a abordagem ambiental dessa “*é uma tentativa de expandir a economia para um campo que não é seu*”, já que não é plausível sair da escala do indivíduo e seu horizonte temporal para uma escala da espécie humana e um horizonte pertinente a esta.

Num sentido diferente, a economia ecológica entende o sistema econômico como subsistema de um todo maior a partir dos pressupostos termodinâmicos da própria ecologia, isso significa que o ecossistema impõe um limite absoluto a expansão da economia. Essa corrente é ligada ao conceito de sustentabilidade forte que considera o capital construído e o capital natural como essencialmente complementares, isso significa que não existe uma substituição perfeita (ROMEIRO, 2003). E o que deve ser mantido ao longo do tempo é o estoque de capital natural (CECHIN, 2010).

Sem dúvida Nicholas Georgescu-Roegen foi um dos principais inspiradores da economia ecológica, trazendo para discussão a questão da exclusão do princípio termodinâmico da entropia pela economia. Com isso, foi possível a visão do sistema econômico de forma diferenciada (Figura 3) considerando a existência de transformação de matéria energia de baixa entropia em resíduos de alta entropia para a produção de bens e serviços para saciar as necessidades humanas (CECHIN, 2010).

Figura 3 – Visão do sistema econômico pela economia ecológica (ALIER, 1998)

Essa perspectiva termodinâmica é atribuída à Visão Ecológica da Economia (CAVALCANTI, 2010) que entende a Terra como um sistema aberto à entrada de energia solar e que o subsistema econômico produz resíduos em duas formas, o calor dissipado e os resíduos materiais, estes podem voltar a ser parcialmente utilizados através da reciclagem. O funcionamento da economia necessita do fornecimento adequado de energia e materiais e também da possibilidade de poder dispor adequadamente os resíduos (ALIER, 1998).

A economia ecológica é considerada como a área que estuda as condições para que a economia se adéque aos ecossistemas, e também, a valoração dos serviços ecossistêmicos prestados ao subsistema econômico. A idéia é desenvolver uma economia que use os recursos renováveis em uma taxa que não exceda a sua renovação, e que utilize os recursos não-renováveis de forma não superior a substituição destes pelos renováveis. A economia ecológica também busca conservar a diversidade biológica e somente gerar resíduos na quantidade que o ecossistema pode assimilar ou reciclar (ALIER, 1998).

Como campo específico de estudo a economia ecológica foi institucionalizada, em 1989, com a criação da Sociedade Internacional de Economia Ecológica e do periódico *Ecological Economics* (CECHIN, 2010). É considerada “*uma nova abordagem transdisciplinar que contempla toda a gama de inter-relacionamentos entre os sistemas econômicos e ecológico*”, sendo que o termo transdisciplinar é importante por envolver a idéia de que vai além do campo tradicional das disciplinas científicas e tenta integrar e sintetizar diferentes perspectivas (COSTANZA, 1994).

De forma sintética a economia ecológica tem como objeto de interesse as relações entre os sistemas econômicos e ecológicos, em que o objetivo central é o de fornecer conhecimento para uma gestão sustentável dessas relações. Esse fator de gestão é essencial por caracterizar-la não somente como uma área do conhecimento envolvida só com interesses cognitivos, de entender e explicar o mundo como ele é, mas também tem um interesse de ação para uma administração do mundo baseada na idéia de como este deveria ser (BAUMGÄRTNER *et al.*, 2008).

No amplo debate sobre sustentabilidade, atualmente já se chegou ao consenso da necessidade de se sustentar a natureza, suas funções e serviços prestados aos seres humanos no longo prazo, mas isso tem implicações em como deve ser o relacionamento entre os sistemas sócio-econômicos e a natureza (BAUMGÄRTNER *et al.*, 2008).

Nesse sentido, é fundamental que as pesquisas em economia ecológica desenvolvam conhecimento teórico e empírico sobre as propriedades que emergem da relação entre os sistemas econômicos e ecológicos para que seja possível, assim, encontrar soluções políticas e

de gestão dos problemas ambientais que surgem dessa relação e que afetam o próprio bem-estar da humanidade. Portanto questões como a de vulnerabilidade ambiental de pessoas e lugares merece atenção dentro da concepção da economia ecológica, pelo fato de tratar de uma propriedade sistêmica que emerge da relação entre sociedade e natureza, e que trata da capacidade que os sistemas ambientais possuem de manter o seu equilíbrio dinâmico que suporta o funcionamento termodinâmico dos sistemas ecológicos e econômicos de forma integrada.

6. *VULNERABILIDADE AMBIENTAL*

A vulnerabilidade de pessoas e lugares é um fenômeno complexo que é definido pela longa história entre os seres humanos e o meio ambiente (LUERS, 2005). Atualmente, a discussão sobre essa temática se mostra bastante relevante considerando que muitas pessoas e lugares são afetados por mudanças nos ecossistemas e nos serviços ecossistêmicos, estando altamente vulneráveis a efeitos negativos, além de apresentarem grande probabilidade de experimentar danos no bem-estar e perda de vida que essas mudanças podem causar (KASPERSON *et al.*, 2005).

É importante destacar que as interações de múltiplas formas de estresses (econômico, social, político e físico) com as mudanças ambientais podem ampliar ou atenuar a vulnerabilidade de forma gradual ou abrupta, criando situações dinâmicas que ainda precisam ser abrangidas em metodologias de avaliação de vulnerabilidade. Ressalta-se que os principais padrões de crescimento de população, urbanização, difusão de doenças, desenvolvimento econômico e globalização estão alterando padrões de vulnerabilidade em escala global, regional e local (KASPERSON *et al.*, 2005). Dessa forma, é importante conhecer as implicações desses processos nos sistemas que incluem os seres humanos e o ambiente natural.

Nesse sentido, a questão sobre a fragilidade de ecossistemas e a vulnerabilidade devido a fatores endógenos e exógenos faz parte de um longo e intenso debate, que não levou ainda a um consenso sobre as definições e modelos existentes (VILLA & MCLEOD, 2002). É possível afirmar que o debate sobre vulnerabilidade e sua avaliação surgiu de três abordagens (EAKIN & LUERS, 2006):

a) Risco-perigo – Essa linha tende a considerar as consequências negativas como uma função dos fatores biofísicos de risco (por exemplo, mudança de temperatura e precipitações e

ocorrência de eventos extremos) e o potencial de perda da população exposta. A vulnerabilidade é identificada em um sistema específico a partir desses efeitos negativos. Os pesquisadores aderentes a essa abordagem buscam entender ao que se está vulnerável, quais as consequências que podem ser esperadas e onde e como os impactos ocorrem.

b) Economia política e ecologia política – As duas perspectivas surgiram de críticas a linha de risco-perigo como sendo muito tecnocrata, assim, focam na dimensão política da vulnerabilidade. A economia política foca nos fatores sociopolíticos, culturais e econômicos que juntos explicam as diferentes exposições aos perigos, deferentes impactos e diferentes capacidades de recuperar dos impactos. Já a ecologia política explora a questão de vulnerabilidade nos abrangentes processos institucionais e mudanças ambientais globais, buscando uma consideração mais balanceada das dinâmicas biofísicas e sociais com foco na representação dessas dinâmicas na política e na tomada de decisão.

c) Resiliência Ecológica – Essa é uma abordagem mais recente sobre vulnerabilidade, contribuindo com uma visão não somente relacionada com as mudanças ambientais globais, mas também em relação a variedade de estresses e choques que agem no sistema humano-ambiental. Assim, vulnerabilidade é vista como uma dinâmica própria de sistemas em que o ser humano esta constantemente agindo sobre o ambiente biofísico. Essa perspectiva foca no entendimento dos processos de mudança, na identificação de limites e nos fatores que permitem ao sistema natural absorver os distúrbios.

Cada uma dessas linhas levou a escolhas metodológicas e unidades de análise diferentes, produzindo resultados distintos sobre como trabalhar a vulnerabilidade. Na prática, abordagens híbridas são cada vez mais usadas e produzem novas formas de pensar as causas e consequências e novas formas de avaliação (EAKIN & LUERS, 2006).

De forma genérica, vulnerabilidade pode ser considerada como a probabilidade que uma comunidade, estrutura, serviços ou área geográfica tem de ser danificada ou perturbada pelo impacto de um determinado perigo (TOBIN & MONTZ, 1997). Apresenta múltiplos elementos em sua definição, mas de modo simples representa a probabilidade de futuras condições mudarem para uma direção negativa (BRADLEY & SMITH, 2004).

Quando se pensa na análise de vulnerabilidade, muitos consideram um campo fragmentado, mas existe um número considerável de pesquisa no sentido de construir conhecimento teórico através de múltiplas disciplinas, aumentando a complexidade e diversidade de metodologias com o objetivo de clarear as incertezas no conceito (EAKIN & LUERS, 2006).

Nesse sentido, as questões de vulnerabilidade e resiliência se tornaram um dos interesses substanciais da ciência voltada à sustentabilidade que surgiu como um grande guarda-chuva que trata dos problemas humano-ambientais, incluindo as pesquisas sobre mudanças ambientais globais e mudanças climáticas. O surgimento dessa ciência interdisciplinar focada na sustentabilidade foi antecipado no final dos anos 1980 com a publicação de documentos importantes como o Nosso Futuro Comum (TURNER, 2010), que é conhecido como Relatório de Brundtland, realizado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, parte da Organização das Nações Unidas (CMMAD, 1988).

A ciência da sustentabilidade foi se estabelecendo ao longo das últimas décadas, destacando-se o trabalho da conferência sobre os desafios de uma terra em transformação (*The Challenges of a Changing Earth: Global Change Open Science Conference*) que ocorreu em Amsterdam no ano 2001 (TURNER, 2010). Essa conferência ocorreu no contexto da necessidade de um esforço científico em busca da compreensão do sistema terrestre de forma integrada e, assim, construir uma agenda para a sustentabilidade global à luz das crescentes perturbações humanas. Foi patrocinada por três grandes projetos que trabalham com mudanças ambientais globais: Programa Internacional Geosfera-Biosfera, Programa Internacional de Dimensões Humanas e o Programa Mundial de Investigação do Clima. Na ocasião foram discutidos diferentes tópicos sobre ciclo do carbono, ciclo da água, produção de alimentos, biodiversidade, mudanças no uso da terra e suas consequências sobre as alterações climáticas (CANADELL & NOBLE, 2001).

De forma geral, a emergente ciência da sustentabilidade considera que um sistema humano-ambiental sustentável é aquele que provê a humanidade de recursos e serviços (em quantidade e distribuição) sem comprometer a capacidade de suporte do meio natural. Essa busca examinar a relação entre os serviços ambientais e os efeitos na humanidade, em parte com o objetivo de descobrir as características do sistema que fazem com que fique mais vulnerável e menos resiliente as diferentes forças (TURNER, 2010).

Nesse contexto, pode-se dizer que dentro da ciência da sustentabilidade se construiu uma visão sistêmica de vulnerabilidade, que segundo Eakin & Luers (2006), foca na avaliação dos processos, condições e características dos sistemas que extrapolam a sensibilidade do meio e inibem respostas adaptativas.

Essa abordagem de vulnerabilidade pode ser adjetivada de ambiental, e é aquela que trata do que Turner et al. (2003) e Turner (2010) chamam de “*couple human-environment system*” ou CHES, podendo ser traduzido para português como sistema integrado homem-ambiente. Ou “*couple socioecological system*”, em português sistema sócio-ecológico

integrado, como é tratado por Kasperson *et al.* (2005), esse é considerado um sistema complexo com características adaptativas e em constante mudança.

A idéia de vulnerabilidade ambiental se tornou um dos pontos centrais do diálogo e pesquisas sobre sustentabilidade, implicando no surgimento de questões importantes, como: Quem e o que está vulnerável as muitas mudanças ambientais e humanas, e onde?; Como as mudanças e suas consequências são atenuadas ou amplificadas pelas condições ambientais e humanas?; O que pode ser feito para diminuir a vulnerabilidade às mudanças? (TURNER *et al.*, 2003).

Nesse contexto, a vulnerabilidade ambiental pode ser compreendida como o potencial que um sistema possui para modular suas respostas frente a fatores estressores ao longo do tempo e do espaço, a partir das suas características ecossistêmicas (WILLIAMS & KAPUTSKA, 2000). Esse conceito está relacionado com uma condição intrínseca dos territórios, cada fração deste apresenta capacidade de responder às perturbações, que em interação com o tipo e magnitude do evento induzido resulta numa determinada grandeza de efeitos adversos (SANTOS & CALDEYRO, 2007).

A resiliência é uma parte importante do conceito de vulnerabilidade, visto que alterações que levam a uma diminuição da vulnerabilidade de um sistema podem levar a uma diminuição na capacidade de resiliência do sistema. Esta, do ponto de vista ecológico e segundo Gunderson (2000), é uma propriedade emergente ligada ao comportamento auto-organizativo e a idéia de múltiplos estados de equilíbrio, em que instabilidades podem levar o sistema para um regime diferente de comportamento. É medida pela magnitude de distúrbios que o sistema pode absorver sem mudar o seu domínio de estabilidade. Ressalta-se que o ser humano muda a resiliência do sistema, ou seja, gera uma mudança de um estado de estabilidade para outro (GUNDERSON, 2000).

A perda de resiliência ocorre devido à crença que sistemas ecológicos complexos são previsíveis e que as ciências tradicionais vão resolver as incertezas relacionadas à gestão dos recursos, principalmente nas situações de aplicação de ações de comando e controle, em que se assume que a incerteza da natureza pode ser substituída pelo controle (GUNDERSON, 2000). Assim, é importante uma abordagem holística para o entendimento da perda de resiliência ecológica associada às alterações de vulnerabilidade do meio ambiente e também das ações de gestão que sejam adequadas para a manutenção do equilíbrio do sistema.

Os esforços atuais na identificação das vulnerabilidades ambientais de um determinado território têm-se revelado uma ferramenta potencial para o direcionamento de esforços de gestão para a conservação dos recursos naturais e para o provimento de resiliência nos

ecossistemas, além gerar subsídios para ações que busquem a diminuição da vulnerabilidade ambiental de territórios já dotados de baixa resiliência (SOPAC, 2005).

O conhecimento das vulnerabilidades de um território pode fornecer uma indicação valiosa da sustentabilidade da vida humana dentro do seu ambiente. Para isso é importante ter um foco duplo: na análise de riscos e condições atuais e prevendo a tendência de como o ambiente irá enfrentar os eventos futuros. Isso se mostra relevante considerando, por exemplo, que ambientes que foram lesados no passado tendem a apresentar um risco maior de sofrer danos com eventos futuros (SOPAC, 2004a).

Além disso, uma análise de vulnerabilidade deve ser compreensiva, tratando não somente do sistema em questão, mas também das muitas e variadas ligações existentes. Muitas iniciativas mostram a necessidade de uma avaliação robusta que envolva a relação dos problemas científicos da sustentabilidade e das mudanças globais com as tomadas de decisões. Nesse sentido algumas lições levam a direção da aplicação da análise de vulnerabilidade (TURNER *et al.*, 2003):

- Vulnerabilidades sociais e biofísicas são interligadas e devem ser tratadas de forma a considerar as relações existentes;
- Atenção a análises unidimensionais de vulnerabilidade e reconhecer as várias correlações entre os componentes e escalas;
- Não assumir que sistemas com a mesma abrangência apresentam as mesmas vulnerabilidades, dinâmicas complexas podem causar consequências diferentes;
- Não assumir que todas as partes do sistema humano-ambiental têm as mesmas vulnerabilidades, em que as exposições, impactos e respostas podem ser diferentes nos subsistemas;
- Análises de vulnerabilidade devem seguir uma estrutura metodológica comum;
- Oportunidades de resposta estão associadas ao sistema ou local em questão, mas orientações gerais para as opções de resposta devem ser maleáveis;
- Esforços devem ser feitos para criar uma estrutura institucional que interligue as avaliações de vulnerabilidade com as tomadas de decisões.

Existe uma variedade de estruturas conceituais para tratar da vulnerabilidade do sistema econômico-ecológico, entre elas se destaca a do Programa de Ciência da Sustentabilidade (*Sustainability Science Program*) da Universidade de Harvard que procura capturar de forma abrangente os diferentes elementos que foram demonstrados em estudos sobre risco, perigo e

vulnerabilidade, colocando-os em uma estrutura que inclui as complexas ligações existentes, como pode ser observado da Figura 4. Também reconhece que os componentes e as interligações variam de acordo com a escala de análise, mas a estrutura geral permanece a mesma (KASPERSON *et al.*, 2005).

Figura 4 - Estrutura conceitual de vulnerabilidade (KASPERSON *et al.*, 2005).

Essa proposta identifica duas partes básicas da problemática de vulnerabilidade e sua avaliação: perturbação-estresse e o sistema sócio-ecológico integrado. As perturbações e os estresses podem ser de origem humana ou ambiental e, em geral, são afetados por processos de escala maior do que o evento em questão. E o sistema econômico-ecológico, ou sócio-ecológico, mantém algum nível de vulnerabilidade de acordo com as perturbações e estresses, relacionada com a maneira com que são experienciados (KASPERSON *et al.*, 2005).

Essa estrutura conceitual segue a mesma linha de Turner *et al.* (2003), visto que as duas abordagens apresentam três componentes que determinam a vulnerabilidade do sistema: exposição, sensibilidade e resiliência, como pode ser visto na Figura 5.

Turner *et al.* (2003) compuseram uma proposta de vulnerabilidade ambiental, em que é discutida a necessidade de inclusão de componentes essenciais para uma estrutura que seja

capaz de orientar processos de tomada de decisão, dentro de uma escala temporal e espacial, preconizando as variações dos atributos ambientais.

A exposição é composta pelas características que definem as ações humanas às quais a vulnerabilidade ambiental responde, devido às perturbações e impactos gerados (TURNER *et al.*, 2003). É a primeira parte da experiência de perturbações e estresses, caracterizada em termos de intensidade, frequência e duração (KASPERSON *et al.*, 2005).

O sistema sofre certo grau de dano à exposição (risco e impactos) determinado pela sensibilidade (KASPERSON *et al.*, 2005). Esta é determinada pelas condições ambientais do território que são alteráveis significativamente pelas forças motrizes (TURNER *et al.*, 2003).

A resiliência do sistema é o conjunto de respostas naturais e humanas aos impactos, no sentido de restabelecimento do padrão anterior (ou próximo deste) de equilíbrio dinâmico do ambiente (TURNER *et al.*, 2003). Se as perturbações persistirem ao longo do tempo, o tipo e qualidade da resiliência podem ser alterados e a mudança poderá levar a adaptações do sistema (KASPERSON *et al.*, 2005).

Figura 5 – Componentes de vulnerabilidade (TURNER *et al.*, 2003)

Pesquisas e avaliações de vulnerabilidade ocorrem em diferentes escopos e escalas (FIGUEIRÊDO *et al.*, 2010), como mudanças climáticas (PIK, 2009;), impactos na qualidade de vida (SEI, 2009), indicadores ecológicos (SOPAC, 2004a; SOPAC, 2004b; SOPAC, 2005), planejamento regional (SMITH, 2000; JACKSON *et al.*, 2004; SCHABERG & ABT, 2004), avaliação de performance de inovações tecnológicas (FIGUEIRÊDO *et al.*, 2010), degradação ambiental de áreas montanhosas (LI *et al.*, 2006) e de bacias hidrográficas (ZIELINSKI, 2002), riscos e desastres naturais (SANTOS, 2007) agricultura, desertificação e segurança alimentar (KASPERSON *et al.*, 2005).

Nesse sentido, é possível perceber que os estudos de vulnerabilidade ambiental podem ser feitos em escala global como, por exemplo, às mudanças ambientais, e em escala local a partir de uma determinada atividade presente no território que seja responsável por alterações significativas na direção de uma piora da qualidade do sistema.

Entre as linhas de pesquisa que trabalham com a vulnerabilidade ambiental, grande parte se concentra na sua relação com as pesquisas de mudanças globais do clima. Na Alemanha, o *Potsdam Institute for Climate Impact Research* trabalha com uma variedade de projetos que relacionam os impactos climáticos e a vulnerabilidade ambiental, inclusive desenvolveram o projeto *Environmental Vulnerability Assessment* (EVA) com o objetivo de criar e aplicar ferramentas para determinar os mecanismos e a magnitude que os efeitos das mudanças globais têm nos sistemas naturais e humanos e as respostas e interações dos sistemas de reduzir a exposição e aumentar a capacidade adaptativa (PIK, 2009).

Outro centro importante de pesquisa na temática é o *Stockholm Environment Institute*, na Suécia, que tem pesquisadores trabalhando com a temática da vulnerabilidade, sendo que um dos programas (*The Risk, Livelihoods and Vulnerability – RLV*) analisa os impactos potenciais de mudanças ambientais na qualidade de vida da população. Também participaram da composição do GEO-4 (*Global Environmental Outlook*) das Nações Unidas que no capítulo 7 define vários arquétipos de vulnerabilidade e utiliza-os para identificar oportunidade para enfrentar as vulnerabilidades e aumentar o bem-estar do ser humano, ao mesmo tempo protegendo o meio ambiente (SEI, 2009).

No sentido de trabalhar com indicadores, a SOPAC (*South Pacific Applied Geosciences Commission*) – órgão da Agência Ambiental dos Estados Unidos – desenvolveu um modelo geral de indicador de vulnerabilidade ambiental para ser aplicado e comparado em diferentes países e ecossistemas. O *Environmental Vulnerability Index* (EVI) começou a ser formulado em 1998 com o objetivo de desenvolver um índice operacional robusto que fosse capaz de expressar, de forma relativamente rápida e com baixo custo, as características da

vulnerabilidade dos sistemas naturais (em nível regional, estadual, província ou ilha) (VILLA & MCLEOD, 2002).

A idéia é que o EVI dê suporte à tomada de decisão, fornecendo a possibilidade de ver os problemas e identificar ações para manejar a vulnerabilidade e proteger ou promover resiliência ao meio. Ele se concentra em medir somente a vulnerabilidade ecológica, para servir de suporte a outras iniciativas que trabalham com a vulnerabilidade social e econômica, num movimento global de determinar como o desenvolvimento pode atingir a sustentabilidade (SOPAC, 2004a; SOPAC, 2004b; SOPAC, 2005).

O índice é formado por 50 indicadores que foram selecionados para caracterizar as questões de risco, resiliência e vulnerabilidade do complexo sistema natural dos países. Os dados são classificados numa escala que varia de 1 a 7, sendo que o EVI = 1 indica baixa vulnerabilidade e alta resiliência e o EVI = 7 indica vulnerabilidade extrema (SOPAC, 2004a).

O EVI foi testado inicialmente em quatro países-ilha do pacífico sul, Fiji, Samoa, Vanuatu e Tuvalu (VILLA & MCLEOD, 2002). Esses países são vistos como altamente vulneráveis devido ao isolamento, pequeno tamanho, natureza fragmentada, baixo relevo, características ecológicas únicas, recursos limitados e exposição alta a perigos ambientais. Além da questão das mudanças climáticas e do aumento do nível do mar que pode afetar diretamente as ilhas (SOPAC, 2010). Depois o EVI foi aplicado em 235 países e territórios que foram classificados em cinco categorias: extremamente vulnerável, altamente vulnerável, vulnerável, em risco e resiliente. Vale destacar que o Brasil foi classificado como vulnerável (SOPAC, 2004a).

Esse índice é uma iniciativa muito interessante por ser uma ferramenta capaz de fornecer informações de modo simplificado para os tomadores de decisão, além de ser uma forma de comparar a situação dos diferentes países. Segundo a SOPAC (2004a), O EVI não é fruto de uma ciência exata, já que a opção por utilizar indicadores é pragmática, visto que não é possível usar medidas absolutas no contexto de tomada de decisão. O objetivo é prover informação da tendência, em curta escala, da vulnerabilidade ambiental nos próximos anos, contribuindo para que qualquer ator envolvido nas tomadas de decisões possa responder de forma adaptativa as vulnerabilidades dos países. E, assim, olhar para o futuro em busca de um caminho que leve a um desenvolvimento ótimo sem comprometer o meio ambiente que o suporta.

É importante destacar o papel do EVI de possibilitar a identificação das partes do sistema ambiental que ainda apresenta uma situação de boa resiliência, para que assim esta possa ser mantida. Mas também reconhecer as áreas de alta vulnerabilidade que precisam de

um manejo direto, como por exemplo, a perda de florestas, e outras áreas em que são necessárias ações de construção de resiliência, questões que não podem ser resolvidas com ações diretas, como em se tratando de desastres naturais (SOPAC, 2004a).

Outra abordagem sobre o tema é da EPA (*Environmental Protection Agency*), agência de proteção ambiental dos Estados Unidos, que vem desenvolvendo Avaliação Regional de Vulnerabilidade (*Regional Vulnerability Assessment – ReVA*) na região do Meio-Atlântico que é composta por cinco Estados: *Delaware, Maryland, Pennsylvania, Virginia e West Virginia*. Essa iniciativa envolve uma integração de vários tipos de informações de diferentes fontes, buscando a utilização de tecnologias interativas para prever futuros riscos ambientais no sentido de permitir tomadas de decisão informadas e proativas, além da priorização de questões no manejo dos riscos. A ReVA está em desenvolvimento para identificar os ecossistemas que são mais vulneráveis a desaparecer ou sofrer perda significativa num horizonte de 5 a 50 anos e elucidar quais estressores tem a probabilidade de causar os maiores riscos, criando um sistema de alerta antecipado das mudanças ambientais indesejadas que devem ser esperadas nas próximas décadas (SMITH, 2000; JACKSON *et al.*, 2004; SCHABERG & ABT, 2004).

No Brasil, a discussão sobre vulnerabilidade ambiental é recente e pouco explorada, mas existe uma experiência interessante de avaliação de vulnerabilidade para performance de inovações tecnológicas realizada pela Embrapa, Universidade de Brasília e Universidade Federal do Ceará. Foi realizada uma análise de vulnerabilidade em bacias hidrográficas em que ocorrem estágios do ciclo de vida da produção de substrato de coco verde com o objetivo de integrá-la a uma metodologia já existente de análise de ciclo de vida (FIGUEIRÊDO *et al.*, 2010).

Também existe uma discussão capitaneada pelo Ministério do Meio Ambiente que lançou um livro organizado por Santos (2007), em que o tema é explorado a partir de fenômenos ambientais que são induzidos pela ação antrópica e que têm potencial de causar catástrofes, o foco é em contribuir para o planejamento municipal e ordenamento do espaço urbano.

A vulnerabilidade discutida no referido livro é medida a partir da relação entre as características do meio, eventos induzidos e efeitos adversos de uma área, em que se deve considerara a persistência – medida de quanto o sistema afasta de sua estabilidade sem mudar essencialmente seu Estado – e a resiliência – capacidade de um sistema de retornar a seu Estado de equilíbrio, após sofrer um distúrbio (SANTOS & CALDEYRO, 2007).

Todos esses esforços de estudar, pesquisar, aplicar modelos sobre vulnerabilidade precisam ser revertidos em tomadas de decisões que reflitam a realidade da melhor forma

possível, considerando os atributos do sistema humano-ambiental, já que as tomadas de decisões e formulação de políticas em termos de meio ambiente são baseadas na consideração de propriedades ambientais como a vulnerabilidade. Assim, o conhecimento sobre vulnerabilidade é uma maneira de compreender a viabilidade e sustentabilidade da existência das ações humanas, por ser possível através desse tipo de análise obter dados sobre os atributos presentes no meio e as alterações que as atividades econômicas causam no território.

Eakin & Luers (2006) destacam a necessidade de considerar o contexto institucional em se tratando de pesquisas sobre a problemática de vulnerabilidade, visto que é importante voltar a atenção às questões de como e por que populações têm diferentes capacidades de gerir riscos, além de como as implicações de decisões atuais alteram a vulnerabilidade do presente e do futuro. Assim, deve-se trabalhar na ponte ciência/política para que a teoria seja traduzida em prática e tomada de decisão.

Como já citado anteriormente, uma forma interessante de abordar a questão de vulnerabilidade ambiental é compreendendo-a como uma propriedade que emerge da relação entre sistemas ecológicos e econômicos, dentro da perspectiva da economia ecológica. Essa propriedade emergente pode ser identificada dentro do contexto de uma paisagem, já que com uma visão sistêmica das conexões entre os componentes do ambiente natural e o homem dentro de determinados territórios é possível determinar as condições de vulnerabilidade ambiental.

Assim, a compreensão da vulnerabilidade ambiental deveria ser internalizada nos processos de planejamento e gestão ambiental, principalmente no caso do Brasil que ainda é dotado de considerável quantidade de capital natural. Porém, esta perspectiva ainda não tem entrado nas agendas de planejamento e gestão das políticas, planos, programas e projetos que têm intervenção direta nos territórios e no seu ordenamento.

CAPÍTULO II – GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA ESCALA DE PAISAGEM

1. PAISAGEM

A paisagem é parte integrante do meio ambiente e está relacionada ao seu componente visual, mas vai muito além disso. É constituída de elementos bióticos e abióticos em constante mutação, sendo resultado de processos físicos, químicos e biológico, interagindo, reagindo e se alterando entre o dinâmico e o estático, além de incluir o ser humano e suas ações que interferem no entorno (EMÍDIO, 2006).

Na literatura é possível encontrar diferentes conceitos de paisagem que dependem do campo do conhecimento que está abordando esta idéia. Inicialmente, de modo formal, a questão de paisagem foi tratada pela geografia a partir do século XIX no sentido de compreender as interações sociais e naturais existente em certo espaço (EMÍDIO, 2006).

A ecologia de paisagem é uma das principais disciplinas que trabalha com esse elemento a partir das abordagens geográfica e ecológica. A primeira está mais relacionada com uma compreensão global da paisagem e a busca por um ordenamento do território, em que a preocupação central é com a identificação de limites e potencialidades de uso econômico para as diferentes “unidades de paisagem” dentro de um processo de planejamento territorial. Essa linha geográfica em geral envolve análise de amplas áreas espaciais, especialmente as mais antropicamente modificadas, voltando-se para as inter-relações entre o homem e seu espaço de vida, e buscando soluções práticas para a solução dos problemas ambientais (METZGER, 2001).

Já a abordagem ecológica está mais relacionada com os efeitos da estrutura espacial da paisagem (como a heterogeneidade se expressa espacialmente, por exemplo) sobre os processos ecológicos, em que o objetivo final é a conservação biológica e o manejo dos recursos naturais. A escala de estudo é variada, muitas vezes dependente da espécie foco do estudo e há uma ênfase no estudo de paisagens ou unidade naturais, onde a influência do homem não é tão nítida. Contudo, essas duas abordagens não são tão diferentes como pode parecer, havendo atualmente um grande desafio na busca por uma integração das duas, com uma unificação de conceitos básicos e a consolidação de um arcabouço teórico comum (METZGER, 2001).

De forma geral, as diferentes abordagens que tratam da paisagem têm em comum a noção de espaço aberto, espaço vivenciado ou espaço de inter-relação entre o homem e o

ambiente, sendo que a paisagem ganha sentido ou utilidade através da percepção do observador (METZGER, 2001).

Contudo, a paisagem deve ser compreendida além da simples percepção visual e, segundo Coimbra (1985), pode ser definida como

o complexo dos elementos que compõem e configuram um lugar determinado e que têm estreita vinculação com a vida que nele se desenvolve. Semelhante ao clima, a paisagem se especifica pelo meio geográfico e pelos ecossistemas que ali se encontram, fatores predominantes.

A paisagem é o palco da vida, em que o cenário é construído pela natureza e arranjado pelo homem. Ela age sobre o ser humano e este transforma a paisagem a sua volta, em que não somente o visual é alterado, mas também outros fatores como os climáticos e biológicos, inclusive o próprio homem é modificado nesse processo (COIMBRA, 1985).

Dessa forma, a paisagem é a expressão da interação entre o ambiente natural e as atividades humanas voltadas a criar um ambiente mais apropriado para a vida e as necessidades do homem. Tanto as condições naturais como as necessidades humanas variam com o tempo e são controladas por diferentes fatores que interagem entre si. Assim, as paisagens são dinâmicas e evoluem constantemente, em que as mudanças são vistas como melhoria ou deterioração em relação ao estado anterior. Este é um julgamento baseado numa visão particular de utilidade ou relacionado com um objetivo ou situação particular. Consequentemente, as mudanças não são percebidas por todos da mesma forma, além de que avaliações positivas e negativas podem ser conflitantes quando se trata de um mesmo caso (ANTROP, 1998).

As alterações no meio causam uma modificação na configuração espacial da paisagem, em que existem respostas do próprio meio para cada alteração sofrida. Tal reação dos componentes da paisagem leva a um rearranjo dos mesmos frente às mudanças na situação de equilíbrio (THOMAZIELLO, 2007).

Muitas mudanças na paisagem ocorrem simultaneamente e de modo contínuo, cada uma em sua própria velocidade e magnitude, já que essa é um conjunto de diferentes componentes que tem a sua própria dinâmica. Todavia, a paisagem como um todo é considerada mais estável, em que alguns impactos podem levar a mudanças estruturais que levam a criação de uma nova paisagem, enquanto outros não mudam completamente a identidade ou tipo de paisagem (ANTROP, 1998). Mas, quando ocorrem modificações em

um ou mais dos componentes, a configuração espacial é alterada, formando uma nova estrutura de paisagem (THOMAZIELLO, 2007).

A estabilidade e resistência da paisagem estão ligadas a sua característica holística, assim, os elementos individuais só tem um real significado dentro de um contexto, da sua posição em relação ao todo, o que reflete diretamente o caráter sistêmico do seu conceito. Isso significa que componentes específicos podem sofrer mudanças e até desaparecer, mas a paisagem, como um todo, não muda necessariamente na mesma taxa ou da mesma forma (ANTROP, 1998).

“Toda a paisagem possui uma dada configuração espacial e temporal em função do arranjo e das inter-relações de e entre os seus componentes”, estes apresentam a sua dinâmica própria, mas também estão conectados a outros componentes naturais (bióticos e físicos) e humanos, permanecendo constantemente em coexistência (THOMAZIELLO, 2007).

2. A ANÁLISE DE PAISAGEM

A utilização do nível de paisagem, em termos de análise, é relevante no entendimento das relações espaciais entre o sistema ecológico e o econômico, já que essa visão permite uma compreensão abrangente da relação do ser humano com o seu ambiente e das propriedades emergentes que passariam despercebidas em análises fragmentadas.

Considerando que as paisagens são resultado da interação entre os diferentes componentes do nosso meio ambiente – natural e cultural – e da percepção humana das mesmas, as pessoas valorizam a paisagem por diferentes razões. É essencial, portanto, o entendimento de como a paisagem estruturou-se ao longo do tempo, como é atualmente e como pode mudar no futuro (NATURAL ENGLAND, 2006).

Para isso é preciso conhecer cinco elementos que compõem a paisagem (NATURAL ENGLAND, 2006):

- Experiência – Como o ser humano percebe a paisagem pode ter uma influência importante na forma como usa ou valoriza as suas características e recursos.
- História – As paisagens são moldadas pela atividade humana ao longo da história, assim, é importante compreender os padrões de utilização do passado e como as diferentes fases da história contribuíram para a paisagem de hoje.

- Uso do solo – Os diferentes usos que o homem faz da paisagem que reflete nas características da mesma é influenciado pelo padrão atual de utilização dos recursos e pelo legado histórico das atividades.
- Biodiversidade – A variedade de plantas e animais na paisagem tem sido moldada ao longo de milhares de anos por um conjunto complexo de fatores sociais, históricos e econômicos, todos operando no contexto físico da própria paisagem. Os tipos e a abundância da diversidade podem desempenhar um papel significativo na formação das características e, em alguns casos a função de cada paisagem.
- Formações naturais - Geologia, relevo, hidrografia, solos e cobertura vegetal têm grande influência nas características e formação das paisagens. Podendo determinar a "utilidade" do solo para a agricultura, habitação e outras funções.

Para a análise de uma paisagem é necessário a escolha de uma escala temporal e espacial, considerando o contexto específico em que está inserida e os principais processos ambientais que se busca compreender. Essas escolhas juntamente com a definição do objetivo do estudo e a temática de interesse determinam o recorte adequado para a análise (THOMAZIELLO, 2007).

Nos estudos de paisagem, em geral, são utilizados mapeamentos dos componentes presentes no espaço, considerando três meios diferentes (1) físico ou abiótico, (2) biótico e (3) social, econômico e cultural, em que a análise destes leva à identificação de distintas tipologias de uso e ocupação do solo (THOMAZIELLO, 2007).

A análise da paisagem é importante para a compreensão dos problemas ambientais com o fim de planejar um território. Assim, são necessários estudos das características físicas e naturais do meio, bem como dos processos desencadeados pelos fatores sociais, econômicos e políticos. A somatória, integração e interconexão entre todos esses fatores se relacionam com a resposta do meio e as consequências dos eventos (SANTOS, THOMAZIELLO; WEILL, 2007).

A percepção das relações espaciais entre os diferentes componentes da paisagem, que refletem a convivência entre o ser humano e o ambiente, contribui para que os processos de planejamento, e de forma mais geral de gestão ambiental, tenham a visão abrangente e integrada necessária na busca de formas adequadas de lidar com as vulnerabilidades ambientais dos territórios, em busca de soluções adequadas e efetivas para os problemas ambientais.

3. GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

A gestão e o planejamento do meio ambiente, e das paisagens, são de grande importância para a busca da compatibilização da relação homem-natureza em determinado espaço geográfico. No Brasil essa prática vem crescendo e está atrelada ao histórico da preocupação com a questão ambiental.

A questão ambiental no Brasil

Enquanto as preocupações com as questões ambientais cresciam em nível mundial, com importantes encontros e conferências internacionais, o Brasil mostrava o espírito desenvolvimentista que se estabeleceu na década de 50 e fez com que nas duas décadas seguintes houvesse uma grande prioridade pela industrialização em detrimento da qualidade ambiental. Como a pobreza era vista como o único grande problema do mundo subdesenvolvido, a geração de poluentes e a depredação dos recursos naturais era amplamente apoiada. A mudança de postura por parte do governo brasileiro ocorreu devido a pressões de bancos internacionais que passaram exigir estudos de impacto ambiental para financiamento de projetos, de sociedades estrangeiras ambientalistas e Organizações Não Governamentais que se instalaram no país e passaram a exigir participação nas tomadas de decisão sobre meio ambiente (SANTOS, 2004).

A evolução da política ambiental foi importante para o desenvolvimento do planejamento. A promulgação da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei 6.938 de 1981, é um marco importante por juntar diretrizes que anteriormente eram setorializadas (SANTOS, 2004). Essa também criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), dispondo sobre a articulação e a responsabilidade de seus órgãos competentes nos três níveis de governo, e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) como órgão deliberativo e consultivo (SOUZA *et al.*, 2003). A PNMA apresentou diversos instrumentos de gestão ambiental, formulando diretrizes de avaliação de impacto ambiental, planejamento, gerenciamento e zoneamento ambiental, colocando como unidade de planejamento a bacia hidrográfica. Assim, surgiu pela primeira vez de forma explícita uma proposta de planejamento ambiental como forma de orientação do ordenamento territorial (SANTOS, 2004).

Outro marco legal foi a Constituição Federal de 1988, por colocar o meio ambiente como bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Também conferiu competência comum à União, Estados e municípios para proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas. O problema é que na prática os três níveis de governo não conseguem agir de forma coordenada, sendo que muitas vezes ocorrem medidas contraditórias. É de suma importância que esses descubram as suas vocações específicas para que as políticas e planejamentos de meio ambiente sejam aplicadas de maneira integrada e harmônica (SOUZA *et al.*, 2003).

O planejamento ambiental começou a ser incorporado no país, a partir dos anos 80 por órgãos ambientais, instituições, sociedades ou organizações e foi apresentado em formas diferentes, dependendo das atribuições dos responsáveis pelo processo e os conceitos e estruturas utilizados. Hoje, o ideário do desenvolvimento sustentável está incorporado no planejamento ambiental com a visão de compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a conservação dos recursos naturais, buscando a melhoria da qualidade de vida.

Segundo Ross (2006), o contexto de degradação ambiental do país devido às práticas econômicas predatórias, diminuindo a qualidade ambiental e de vida, demonstra a necessidade de os políticos, planejadores e sociedade ultrapassarem a visão estreita de desenvolvimento dominado por interesses econômicos e tecnológicos. Assim, deve-se vislumbrar um desenvolvimento que considere as potencialidades dos recursos naturais, mas também as fragilidades do meio ambiente frente às intervenções humanas na natureza.

Nessa perspectiva, é imprescindível que se coloque em prática políticas públicas nos diferentes âmbitos (federal, estadual, municipal, bacia hidrográfica) que foquem no ordenamento territorial, valorizando a conservação e preservação da natureza, dentro de uma abordagem de desenvolvimento sustentável (ROSS, 2006).

Gestão Ambiental

A gestão ambiental pode ser interpretada como a integração entre planejamento, gerenciamento e política ambiental (SANTOS, 2004). Essa envolve múltiplas variáveis que interagem simultaneamente e com uma grande dinâmica. Isso significa que para se gerenciar

as atividades sobre o prisma ambiental são necessárias as visões do todo, da integração entre as partes e do contexto em que as ações e atividades são desenvolvidas (SOUZA, 2000).

Assim, a gestão ambiental pode ser vista como

um conjunto de procedimentos que visam à conciliação entre desenvolvimento e qualidade ambiental. Essa conciliação acontece a partir da observância da capacidade de suporte do meio ambiente e das necessidades identificadas pela sociedade civil, ou pelo governo (situação mais comum), ou ainda por ambos (situação mais desejável) (SOUZA, 2000).

Essa abordagem sistêmica das questões ambientais é essencial para desenvolver uma nova visão no tratamento da natureza, contribuindo para o desenvolvimento de atividades econômicas baseado no uso sustentável dos recursos naturais e em atitudes de controle e prevenção dos impactos ambientais.

Planejamento ambiental

O planejamento é um componente essencial da gestão ambiental, visto que segundo Miranda Neto (1981) é

o processo de decisão que objetiva uma ótima combinação de atividades em áreas específicas e através do qual a utilização de instrumentos de política deve ser coordenada, considerando os objetivos do sistema e as limitações impostas pelos recursos disponíveis.

Pode ser entendido como um processo lógico que auxilia o comportamento humano racional na realização de atividades voltadas para o futuro, mas que necessita uma análise das condições passadas e presentes com uma visão sistêmica e realista (MIRANDA NETO, 1981).

Os objetivos do planejamento devem estar integrados ao estabelecimento de mecanismos de aplicação e a definição de ações prioritárias que irão viabilizar a transformação da proposta em realidade. Necessitam, neste sentido, relacionarem-se de maneira dinâmica e constante com os planos e programas derivados do planejamento para que todo o processo seja coerente e que não haja desvio entre os aspectos gerais e as particularidades (AFONSO, 2006).

O planejamento é utilizado para diversos fins e em cada contexto apresenta uma adjetivação de acordo o seu principal rumo de ação, em que as diferentes classificações não são exclusivas e podem se relacionar dentro de uma mesma proposta de planejamento (SANTOS, 2004). Uma das abordagens que vem se destacando nos últimos anos é a do planejamento ambiental que está atrelado à gestão ambiental.

O planejamento ambiental pode ser entendido como *“todo o planejamento que parte do principio da valoração e conservação dos bens naturais de um dado território como base de autosustentação da vida e interações que a mantém, ou seja, das relações ecossistêmicas”* (FRANCO, 2001). Também é visto como a *“adequação de ações à potencialidade, vocação local e à sua capacidade de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social”* (SANTOS, 2004).

De forma geral, o planejamento ambiental não é mais do que o próprio planejamento, em que as perspectivas, conceitos e critérios tradicionais são adaptados para uma abordagem de desenvolvimento sustentável. Assim, o ambiente dentro do planejamento é um quadro de requisitos, fatores e critérios de qualidade que influenciam o processo de desenvolvimento, em conjunto com preocupações de equidade social e eficiência econômica (PARTIDÁRIO, 1999).

Atualmente, o planejamento ambiental é visto como a organização da antropização no território, considerando a capacidade de sustentação dos ecossistemas local e regional e, ao mesmo tempo, levando em conta a idéia de equilíbrio em escalas mais abrangentes, com o objetivo de uma melhor qualidade de vida dentro de uma ética ecológica (FRANCO, 2001).

A organização do planejamento ambiental segue uma lógica que envolve uma estrutura de pesquisa, análise e síntese. No sentido de conseguir cumprir essas etapas, é visto como um processo de fases que evoluem sucessivamente, em que cada uma resulta em uma base ou princípios para o desenvolvimento da próxima. São encadeadas, se realimentam e cada uma tem componentes, métodos e produtos específicos decisão (SANTOS, 2004).

O processo de planejamento depende da abordagem metodológica que melhor corresponda ao sistema de decisão e as características locais, em que cada uma pode dar uma ênfase em etapas e atividades específicas. Todavia, existem fases que são fundamentais em qualquer planejamento: formulação de objetivo; inventário da situação existente, identificação dos problemas, das potencialidades e dos conflitos; análise e diagnóstico; geração e avaliação de alternativas; decisão sobre a proposta; monitoramento; revisão (PARTIDÁRIO, 1999).

Na execução do planejamento ambiental existem alguns problemas que precisam ser superados. Em sua concepção, é baseado em uma alta interdisciplinaridade e integração de

informações, mas grande parte dos planos, programas, projetos e diretrizes não tem essa abordagem. Cada profissional das áreas específicas do conhecimento trabalha com seu método próprio e, no final, simplesmente agregam todas as informações sem uma integração sistêmica, sem o emprego de novos métodos que sejam capazes de efetivar a interdisciplinaridade. E nesse contexto, os resultados de mudanças significativas na administração e nas políticas locais não são alcançados (SANTOS, 2004).

É essencial que os planejamentos sejam constantemente revistos e adequados as possíveis transformações ou informações que foram mal interpretadas inicialmente, para que alternativas mais sólidas e ligadas à realidade sejam construídas. O conjunto de alternativas em planejamento surge da construção de cenários que identificam as potencialidades, fragilidades, acertos e conflitos existentes no território. As alternativas são variadas para responder aos problemas e apresentam consequências, limitações, riscos e custos (financeiros, sociais, ambientais, políticos) (SANTOS, 2004).

Nesse sentido, a análise das mesmas para a tomada de decisão deve considerar as limitações e as vantagens, decidindo-se entre o aproximadamente certo e o provavelmente errado. Assim, no processo decisório deve-se considerar o grau de confiabilidade e viabilidade de cada alternativa, o nível de conhecimento e qualidade da informação, e os interesses e motivações políticas envolvidas (SANTOS, 2004).

A participação da sociedade é considerada essencial no planejamento ambiental, em que esta tem o dever de opinar sobre as questões que a afeta direta ou indiretamente. Porém, não se pode esperar que a participação seja efetiva se os indivíduos e organizações não compreenderem os fundamentos e objetivos das propostas, assim, é vital a disponibilização de informação adequada e relevante para o processo, já que nos processos em que existe diálogo, o público se sente parte da tomada de decisão e, assim, pode assumir co-responsabilidade nas consequências positivas e negativas (PARTIDÁRIO, 1999).

Para que o processo de planejamento participativo seja verdadeiramente completo, a participação deveria ocorrer em todas as etapas, o que não ocorre na prática, pois quando há alguma participação é somente nas últimas etapas. Nesse contexto não existe tempo suficiente para a sociedade amadurecer as suas encolhas e aparecem muitos conflitos que poderiam ser solucionados anteriormente (SANTOS, 2004).

Gestão e planejamento voltado para as alterações da paisagem

Como já discutido no início deste capítulo, as mudanças na paisagem têm dois fatores principais: os processos naturais e as atividades humanas. O desenvolvimento e a evolução da natureza são considerados processos autônomos que são controlados principalmente por leis físicas e fatores que se comportam de forma não linear. Já o impacto da ação humana sobre as alterações é um resultado de ações planejadas a fim de atingir determinados objetivos (ANTROP, 1998). Assim, é necessário que a ação humana ocorra de forma planejada e que haja uma gestão das atividades, considerando o meio ambiente circundante e a estrutura e função da paisagem.

Paisagens são heterogêneas e compostas por sistemas com comportamento complexo, dessa forma é importante que as ações sejam implementadas, manejadas e monitoradas dentro de uma visão holística para que haja sucesso nos resultados esperados. Isso se deve ao fato de que ações e medidas isoladas, que buscam solucionar problemas ambientais específicos, não levam a recuperação ou conservação do meio como planejado, visto que uma interferência, mesmo que possa parecer benéfica, leva a uma cadeia de mudanças e impactos (SANTOS, THOMAZIELLO & WEILL, 2007).

Nesse sentido, a gestão e planejamento ambientais devem se voltar para as paisagens com toda a sua interconexão entre os diferentes processos e fenômenos naturais afetados ou não pela atividade humana. Segundo Santos, Thomaziello & Weill (2007), no planejamento da paisagem existem algumas perguntas que precisam ser consideradas

quais os fenômenos que têm destaque na região (inundação? drenagem? erosão?), quais processo envolvidos, como avaliar esses processo, com que indicadores, com quais grupos sociais estamos lidando, como chegar a uma solução integrada ou quanto custará para o Homem e para a Natureza a solução considerada ótima.

Segundo Selman (2010), o planejamento de paisagem está evoluindo em três eixos principais. Primeiramente como um conjunto de ferramentas práticas essenciais sobre caracterização, avaliação de impacto, avaliação econômica e democratização. Também na formação conceitual em relação a necessidade de conectar e administrar sistemas sócio-ecológicos de uma forma sustentável e integrada para que estes se mantenham resilientes. Além destes, há ainda a perspectiva de equilibrar os papéis de "proteção" e "planejamento" com o aprendizado de experiências passadas e presentes a fim de criar espaços com baixo impacto ambiental e que contribuem para a melhoria da qualidade de vida. Assim, os

planejadores são capazes de ver além da beleza cênica, inferindo questões sobre a qualidade da paisagem e sua resiliência através de atributos visuais.

Nesse sentido, algumas estratégias precisam ser aplicadas à paisagem, não necessariamente por meio de uma intervenção estatal pesada em cada quilômetro quadrado do território. Mas sim, uma associação consistente de instrumentos voltados ao comando e controle, financiamentos, conselhos, apoio, orientação, parceria, gestão e atendimento, com base nos conhecimentos sobre as condições locais (SELMAN, 2010).

É importante ressaltar que, no processo de gestão e planejamento, as fases de tomadas de decisão são cruciais, destacando que nestas é necessário evitar erros comuns como a busca por soluções únicas e absolutas e partir da premissa que somente soluções estruturais são a resposta. Além de que nas decisões é essencial ponderar os conceitos científicos, os argumentos técnicos, as vontades da sociedade e os interesses políticos (SANTOS, THOMAZIELLO & WEILL, 2007).

De forma geral, nesses processos é fundamental um dimensionamento e esclarecimento concreto dos limites da inserção do ser humano na natureza, além dos limites de dependência dos próprios componentes naturais, para que seja possível a adoção de práticas focadas em conservação, políticas de recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável (ROSS, 2006).

Essa abordagem em que a sociedade humana é parte do ambiente onde vivem, em que existem fluxos energéticos que mantêm o sistema, deve ser utilizada dentro dos princípios que norteiam o desenvolvimento sustentável, em conformidade com a legislação ambiental existente. Para isso, é necessário o estabelecimento de diretrizes baseadas em diagnósticos socioambientais que demonstrem as fragilidades e potencialidades dos sistemas naturais e antropizados (ROSS, 2006). Assim, há a necessidade de se considerar os elementos que definem a vulnerabilidade ambiental de territórios, principalmente nos instrumentos de gestão ambiental para que incorporem essa abordagem, alcançando uma melhoria nas condições ambientais e de qualidade de vida.

Para administrar a vulnerabilidade, em um mundo dinâmico e imprevisível, é necessário mais do que simples ferramentas analíticas, incluindo uma mudança concreta no modo como os tomadores de decisão em nível local, regional e nacional abordam os problemas de recursos e desenvolvimento. E isso somente irá ocorrer se houver uma reforma significativa em termos institucionais e legais que considere de forma positiva abordagens de gestão que olham para o futuro e focam em questões de vulnerabilidade, como as sensibilidades e a capacidade de adaptação (LUERS, 2005).

Um modo interessante de tratar as questões de vulnerabilidade é através de uma gestão que seja adaptativa, este é um método multidisciplinar e integrado de gestão dos recursos naturais. É adaptativa por reconhecer que os recursos naturais a serem geridos sempre mudam, assim, o homem deve responder de acordo com essas variações. Isso se mostra importante considerando que incerteza e imprevisibilidade sempre vão existir no manejo dos ecossistemas, sendo que os seres humanos enfrentam novas situações e os ecossistemas sofrem mudanças devido ao manejo. Com isso, as políticas devem ser continuamente modificadas e ser flexíveis para se adaptar as surpresas, em um processo de aprendizado constante (GUNDERSON, 2000).

4. INSTRUMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL

A necessidade da atuação do poder público na questão ambiental através dos instrumentos de política, ou também conhecidos como de gestão ambiental, está relacionada com as falhas de mercado que afetam o meio ambiente e a sociedade. Isso no sentido do ideário de desenvolvimento sustentável, considerando a necessidade de associar crescimento econômico, equidade social e conservação da natureza, visto que boa parte dos recursos naturais é finita e que os modos de produção e de consumo geram externalidades negativas na forma de matéria residual e energia entrópica (MERICO, 1996).

Assim, a aplicação dos instrumentos é uma intervenção do Estado no sentido de induzir os agentes a internalizar as externalidades, levando a uma situação de menos degradação ambiental. Existem diferentes instrumentos que geralmente na literatura são classificados em três categorias: “instrumentos de persuasão”, “comando e controle” e “instrumentos econômicos” (NOGUEIRA & PEREIRA, 2002).

No Brasil, os principais instrumentos foram organizados dentro da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei N° 6938/1981). Esta foi criada na década de 80 devido à necessidade de organização de um arcabouço legal e institucional para o gerenciamento da relação entre o sistema econômico e o meio ambiente. Tem como o objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses de segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Nessa lei são estabelecidos conceitos, princípios, objetivos, instrumentos, penalidades, mecanismos de formulação e aplicação, e são instituídos o SISNAMA e o CONAMA (BRASIL, 1981).

Os instrumentos listados na PNMA apresentam um papel importante como mecanismos utilizados pelo Poder Público e pela sociedade na realização dos objetivos relacionados à temática ambiental. São esses (BRASIL, 1981):

- Padrões de Qualidade Ambiental
- Zoneamento Ambiental
- Licenciamento Ambiental
- Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)
- Criação de Espaços Protegidos
- Penalidades Disciplinares ou Compensatórias
- Incentivos às Melhorias da Qualidade Ambiental
- Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente
- Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental
- Relatório de Qualidade do Meio Ambiente
- Produção de Informação relativa ao Meio Ambiente pelo Poder Público
- Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ou Utilizadoras de recursos ambientais
- Instrumentos Econômicos

Segundo Souza (2000) os instrumentos da política ambiental brasileira podem ser classificados em dois universos: os de ação e os de apoio. Os de ação são aqueles de natureza pró-ativa, atuando de modo preventivo e com possibilidade de participação dos atores interessados, como por exemplo, a avaliação de impacto ambiental, o licenciamento ambiental e a criação de espaços protegidos. Já os de apoio são os de caráter reativo, atuando na recuperação de danos e como elementos essenciais na consecução dos instrumentos de ação, são exemplos o estabelecimento de padrões, o zoneamento ambiental, o sistema de informação, o cadastro técnico de atividades e o relatório de qualidade ambiental.

Para que os instrumentos de ação apresentem uma real viabilidade de operação é necessária à operacionalização de outros instrumentos considerados de apoio (SOUZA, 2000). Assim, o funcionamento integrado e harmônico desses instrumentos instituídos por lei e de outros tantos instrumentos de gestão ambiental existentes é necessário para a manutenção de um processo de gestão ambiental global eficaz, ou seja, para a compatibilização entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental, ainda que existam lacunas e incertezas nas definições sobre as formas de relacionamento entre os mesmos.

Como essa integração não ocorre de forma clara na prática, os instrumentos são implementados em cenários fragmentados e não se consegue atingir plenamente os objetivos das políticas ambientais brasileiras. Segundo Nogueira e Pereira (2002) os instrumentos devem ser combinados e utilizados quando sua contribuição for considerada adequada na resolução do problema ambiental específico que se está procurando solucionar.

O problema é que na gestão ambiental brasileira há falta de eficiência no uso dos recursos públicos e, assim, dos instrumentos. Em geral há um enfoque no uso dos de persuasão, como a educação ambiental, e nos de comando e controle, como licenciamento, zoneamento e AIA. Os instrumentos econômicos são muito poucos usados, em geral só se utiliza as multas que no final viram parte da receita financeira dos órgãos ambientais, não contribuindo na redução da degradação ambiental (NOGUEIRA & PEREIRA, 2002).

Zoneamento ambiental

Entre os instrumentos mais utilizados no Brasil, pode-se destacar o zoneamento ambiental que recentemente está nas pautas discussões em suas diferentes formas e aplicações. Este tem um papel importante em servir de base para a aplicação de outros instrumentos como a avaliação de impacto ambiental e o licenciamento. Isso se deve, segundo Montañó *et al.* (2007), a capacidade de fornecer respostas amplas com relação à viabilidade da ocupação do território de forma ambientalmente sustentável, a partir da definição de fatores ambientais a serem considerados, das áreas de influência e da identificação de conflitos.

O zoneamento ambiental de uma forma geral é a divisão espacial de uma determinada região em “áreas homogêneas” com estrutura e funcionamento uniforme, a partir de uma avaliação dos atributos ambientais mais relevantes e da dinâmica do local. Isso significa que cada unidade delimitada tem alto grau de associação entre si, mas com significativa diferença das outras. É muito utilizado dentro do planejamento ambiental, quando ocorrem muitos adjetivos associados ao zoneamento, este costuma expressar as potencialidades, vocações, fragilidades, suscetibilidade, acertos e conflitos do território (SANTOS, 2004).

No começo da utilização do zoneamento havia um viés higienista relacionado à idéia de limpar as cidades de doenças naturais e ideológicas (DEL PRETTE, 2006), seguindo o lema “um lugar para cada coisa, cada coisa em seu lugar” (MILLIKAN & DEL PRETTE, 2000). No final do século XIX, começaram as experiências modernas de zoneamento, em um

contexto naturalista, com a divisão e organização do território segundo padrões de saúde social. O objetivo era organizar o cenário derivado dos rápidos processos de urbanização e da revolução industrial que criaram novas dinâmicas sociais e econômicas. Logo, o zoneamento adquiriu o caráter de comando e controle (DEL PRETTE, 2006).

No Brasil, historicamente a utilização do zoneamento se relaciona a principalmente duas tradições. Uma com o perfil de regulação do uso do solo urbano, através de instrumentos legais, normativos, sendo a saúde humana uma das preocupações centrais. A outra é voltada ao o zoneamento agrícola ou agroecológico com o objetivo de planejamento espacial de atividades produtivas, baseados em estudos sobre o solo e outras características naturais como geologia, geomorfologia e clima (MILLIKAN & DEL PRETTE, 2000).

Uma nova tradição emergiu no início dos anos 80, o zoneamento ambiental com um caráter normativo e restritivo, para fins de proteção do meio ambiente (MILLIKAN & DEL PRETTE, 2000). Relacionado às atividades e usos do território, esta modalidade de zoneamento é um instrumento de gestão ambiental e territorial com a função de orientar a distribuição de atividades econômicas, sociais e o uso dos recursos naturais em espaços específicos ou atividades setoriais (DEL PRETTE, 2006).

O zoneamento ambiental surgiu formalmente no Brasil em 1981, como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, tendo um papel importante e estratégico dentro do planejamento ambiental, relacionado com o fato de ser potencialmente capaz de viabilizar a inserção da variável ambiental em diferentes momentos do processo de tomada de decisão (MONTAÑO *et al*, 2007). Além de ser pioneiro no sentido de articular e integrar aspectos que eram isolados pelos planejamentos setoriais (DEL PRETTE, 2006).

De acordo com Soares (2004), o zoneamento ambiental tem como finalidade “*dotar o governo de bases técnicas para espacialização de políticas públicas, visando Ordenação de Territórios. Para atingir estes propósitos é necessário aprovar lei, produzir gerenciamento, conhecimento e mapas, que é um ótimo meio de espacializar as informações*”.

Se o zoneamento for pensado no contexto dos instrumentos da política ambiental brasileira, pode-se dizer que tem uma função mais relacionada a indicar aptidões de um território para diversas possibilidades de intervenção, através de metodologias com o objetivo de determinar a capacidade de suporte do meio. Isso significa que se está considerando o limite máximo de impacto negativo proporcionado por uma atividade humana que um dado território é capaz de absorver sem que os atributos ambientais (físicos, biológicos e socioeconômicos) sejam comprometidos (RANIERI *et al*, 2005).

Assim, o zoneamento ambiental tem a capacidade de servir como base do conhecimento global da área de estudo de forma sistêmica, fazendo com que os estudos de impactos ambientais tenham uma outra dinâmica na tomada de decisão necessária no que se refere à viabilidade ambiental do empreendimento (SOUZA, 2000).

O zoneamento ambiental pode ser visto como um processo de classificação em subunidades territoriais de um determinado espaço geográfico, agrupando-as em relação aos níveis de aptidão para determinados tipos de uso e ocupação do solo (SOUZA, 2000). Vale ressaltar que a determinação das aptidões deve considerar o maior número de fatores ambientais relevantes para cada tipo de uso e ocupação e é importante que seja baseada em critérios científicos e determinados pela participação da sociedade (MONTAÑO *et al*, 2007).

A elaboração de um zoneamento ambiental deve ser realizada dentro de uma política de desenvolvimento que se deseje programar em certo território e se for bem utilizado constitui o instrumento que melhor auxilia os gestores desta política e as outras partes envolvidas como empresários, investidores, trabalhadores e setores do poder público (MONTAÑO *et al*, 2007).

No Brasil, o zoneamento ambiental foi regulamentado em 2002 pelo Decreto Federal nº 4.297 com a denominação de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), com o objetivo de dividir o território em zonas de acordo com a necessidade de proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais e do desenvolvimento sustentável (RANIERI *et al*, 2005). Mas utilização do ZEE é anterior a essa formalização legal e está historicamente vinculado ao planejamento regional da Amazônia, devido principalmente à pressão de agências e programas internacionais de financiamento (MONTAÑO *et al*, 2007).

A aplicação desse instrumento poderia ser mais eficaz, por exemplo, se aplicado em regiões prioritárias de atuação governamental, pensando nas vulnerabilidades às tendências de ocupação e uso dos recursos naturais e nos conflitos sociais existentes ou potenciais. Com isso, é possível evitar que no momento em que o zoneamento seja institucionalizado crie-se um clima de “todos contra todos”, pois todos os problemas são absorvidos pelo zoneamento e assuntos importantes e conflituosos acabam por ser debatidos em uma única proposta de lei (NITSCH, 1998; LIMA, 2006).

Independente da classificação do zoneamento ou do tipo de instrumentos utilizado no contexto de gestão ambiental é fundamental uma visão integradora das relações entre o sistema econômico e o ecológico, para o qual é possível utilizar a noção de paisagem. Dentro disso, os componentes de vulnerabilidade ambiental precisam ser amplamente considerados, para que as restrições ambientais dos territórios alvos de atividades humanas

significativamente degradadoras sejam devidamente contabilizados nos processos de ordenamento territorial.

No Brasil, ainda é considerada uma fronteira da gestão ambiental a incorporação das perspectivas sistêmicas relacionadas à origem dos problemas ambientais e as possíveis soluções dos mesmos. Assim, há um gargalo de análises abrangentes de paisagem, que contribuem para a devida incorporação da dimensão ambiental nos processos de criação a aplicação de políticas públicas, como os instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente. E para mudar essa situação, modelos de análise de vulnerabilidade ambiental podem contribuir.

CAPÍTULO III – A MONOCULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

1. HISTÓRICO

A história da cana-de-açúcar em alguns momentos pode se confundir com a própria história do Brasil por ter sido de grande importância na formação das primeiras cidades. Mudanças de cana-de-açúcar vieram juntamente com Martim Afonso de Souza e o grupo de portugueses que iniciaram a colonização e que tinham a meta de implantar a lucrativa indústria açucareira (SAKAMOTO, 2001).

Inicialmente a cana era plantada no Nordeste, principalmente na região de Pernambuco, e se espalhou para outras regiões do país. Nas capitanias São Tomé (Rio de Janeiro) e São Vicente (São Paulo) foi que a atividade começou a dar lucro, assim, iniciou-se o primeiro ciclo econômico brasileiro. Em São Paulo, a cana ocupou primeiramente a Serra do Mar, com a instalação, do Engenho dos Erasmos, em 1532 (UNICA, 2009).

A produção de açúcar foi a principal atividade econômica da colônia até a segunda metade do século XVIII quando a exportação para o mercado europeu sofreu grande queda, principalmente pela produção de açúcar nas Antilhas (SANTOS, 2010). Com as mudanças nos ciclos produtivos no século XIX houve uma diminuição da produção canavieira e o país deixou de ser o maior produtor de açúcar do mundo, caindo para o quinto lugar (UNICA, 2009).

Já o século XX, quando o ciclo do café entrou em decadência, houve uma retomada do cultivo de cana com uma multiplicação excessiva de produtores e refinarias, principalmente no Centro-Sul, destacando São Paulo que passa a ser o maior produtor do Brasil, com consequente estagnação da atividade no Nordeste (SANTOS, 2010).

Nesse período, as duas Grandes Guerras Mundiais afetaram a agroindústria canavieira de modo diferente, a primeira (1914-18) provocou um aumento na produção de açúcar durante e imediatamente após, já a segunda (1939-45) afetou negativamente a exportação do açúcar, principalmente devido à guerra submarina que dificultou o transporte marítimo para o mercado interno (Centro-Sul) e externo, mas contribuiu para o aumento do preço (SZMRECSÁNYI & MOREIRA, 1991).

No entre guerras foi criado o Instituto do Açúcar e Alcool (IAA), um órgão de regulação estatal que existiu até 1990, este mantinha o monopólio das exportações de açúcar. Além de ser responsável por incentivos financeiros e administrativos para o setor, inclusive

para a produção de álcool anidro que começou a ser utilizado como aditivo à gasolina a partir da década de 1930 (SZMRECSÁNYI & MOREIRA, 1991).

Na década de 1950 houve forte expansão da atividade canavieira, devido ao aumento da demanda interna de açúcar induzida pelo processo rápido e intenso de urbanização e industrialização do país, mas também com o grande excedente o Brasil voltou à categoria de um dos maiores exportadores do produto. Sem contar que ocorreu um aumento da demanda de álcool para utilização como combustível aditivo à gasolina e como matéria-prima para diferentes ramos de indústrias (SZMRECSÁNYI & MOREIRA, 1991).

Com a Guerra Fria e o rompimento das relações comerciais entre Estados Unidos e Cuba (outro grande produtor de açúcar), no início da década de 1960, as políticas governamentais com relação à agroindústria canavieira, através do IAA, se voltaram ao abastecimento externo de açúcar. Isso refletiu em mais expansão da atividade, sendo que foi lançado um programa do governo de longo prazo, o Plano de Expansão da Indústria Açucareira. Porém, na segunda metade dos anos 60 a atividade foi afetada por uma intensa crise de superprodução, influenciada pela forte redução no preço do açúcar no mercado internacional e pela recessão do mercado interno devido às políticas econômicas da recém instaurada ditadura militar (SZMRECSÁNYI & MOREIRA, 1991).

A salvação do setor foi a descoberta de um novo modo de exploração da cana através da produção de álcool combustível, o etanol, que foi visto como solução para as crises do petróleo da década de 1970 (UNICA, 2009). Nessa época houve políticas governamentais que incentivaram a expansão do setor através de financiamento à implantação de usinas de açúcar e álcool e pesquisas técnico-científicas na área (SANTOS, 2010).

Pode-se destacar a criação do Programa Nacional do Álcool, o PROÁLCOOL, em 1975, em que o governo brasileiro incentivou a produção do álcool combustível com a justificativa oficial de substituir a gasolina e aliviar a pressão sobre a balança comercial devido ao aumento do preço internacional do petróleo, mas também é possível afirmar que este programa foi estabelecido como uma solução alternativa a capacidade ociosa da agroindústria canavieira do país (SZMRECSÁNYI & MOREIRA, 1991). Contudo, em menos de uma década o produto deixou de ser atrativo devido à diminuição dos impactos da crise do petróleo, sofrendo com problemas de escassez (UNICA, 2009).

No início de 1990 o IAA já não detinha mais o monopólio sobre a produção de açúcar e acabou que fechou, diminuindo a intervenção estatal no setor. Durante os anos 90 com a retomada no interesse das usinas na produção de açúcar e o aumento do preço do produto no mercado internacional, ocorreu um aumento das exportações de açúcar (SZMRECSÁNYI &

MOREIRA, 1991). Desde então houve uma expressiva expansão deste setor, juntamente com uma forte mecanização em todas as fases de produção (preparo do solo, plantio, tratos culturais e colheita). As políticas governamentais de financiamento e pesquisa, associada à atratividade econômica da atividade, permitiram a utilização de defensivos agrícolas e novas variedades de cana-de-açúcar modificadas geneticamente (SANTOS, 2010).

No início do século XXI, o setor já conhecido como sucroalcooleiro começa um novo ciclo no plantio da cana-de-açúcar para obter álcool combustível (etanol), não mais com o objetivo de substituir o consumo de gasolina devido à elevação do preço do petróleo como ocorreu nos anos 1970 (CAMARGO *et al.*, 2008). A utilização do etanol se tornou importante com as preocupações relacionadas ao aquecimento global, às emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a poluição atmosférica das grandes cidades, por evitar a emissão dos GEE na substituição do uso da gasolina por etanol (GOLDEMBERG *et al.*, 2008).

Esse cenário está associado ao lançamento dos carros bicombustíveis (*flex fuel*), em 2003, juntamente com a continuidade da utilização de uma porcentagem de álcool na gasolina, provando a viabilidade econômica do etanol como alternativa para a frota automotiva (NOEL, 2007).

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e de açúcar e o segundo de etanol, perdendo apenas para os Estados Unidos (INPE, 2010). Em 2006, 425 milhões de toneladas de cana foram processadas em 310 usinas com a produção de 30 milhões de toneladas de açúcar e 17 milhões de metros cúbicos de etanol. Estimativas mostram que nos anos de 2012-2013 serão 685 milhões de toneladas de cana, em que seriam produzidos 35, 7 milhões de metros cúbicos de etanol. Para isso, é necessária a utilização de 6,4 milhões de hectares e a implantação de 77 novas usinas no Centro-Sul com o investimento de US\$ 14, 6 bilhões (MACEDO, 2007).

Dados, do Projeto CANASAT do INPE, das safras de 2005/06 e 2006/07 mostram que houve um aumento de cerca de 9,66% na área de plantação de cana (COELHO *et al.*, 2007). E se as estimativas de expansão da área de cana-de-açúcar no Brasil forem confirmadas (Figura 6) significa mais que dobrar a área até 2016.

Figura 6 - Estimativa de crescimento da área plantada no Brasil com a cana (TORQUATO, 2006)

2. OS PROBLEMAS SOCIOAMBIENTAIS

O crescimento da atividade canavieira fez com que essa entrasse nas pautas de discussão acerca dos problemas históricos que essa apresenta, relacionados às temáticas sociais e ambientais, nas localidades onde já está presente e sobre as consequências da sua expansão. Nesse sentido, algumas questões socioambientais precisam ser adequadamente discutidas e os problemas resolvidos para que a grande expansão estimada não ocorra com grandes perdas para a sociedade.

As questões envolvem as várias fases da atividade e pode-se destacar as que se relacionam com a prática de queimada da cana antes do corte, a degradação do solo, poluição das águas, pressão sobre outras culturas e áreas de florestas nativas, a aplicação de agrotóxicos e fertilizantes. Também se têm a destruição das reservas legais e áreas de preservação permanente que afetam a paisagem e a biodiversidade.

A existência do corte manual gera discussões sobre as condições dos trabalhadores, vindos principalmente do Nordeste, devido a irregularidades no serviço, pela falta de registro, falta de equipamentos de proteção individual, inexistência de instalações sanitárias e transporte inseguro e clandestino (NOEL, 2007; NOVAES, 2007). Além dessas questões, desde que foi adotada a remuneração por produtividade gerada, os canavieiros cortam até 15 toneladas de cana por dia para ganhar cerca de R\$ 800 mensais. Em muitos canaviais, os trabalhadores chegam a ser despedidos se não conseguirem cortar 10 toneladas de cana por dia (NOVAES, 2007).

Primeiramente, a utilização da queimada é uma prática usada para facilitar o corte manual e repelir animais venenosos como cobras e aranhas. Mas pode gerar risco de doenças para a própria cana, destruição de matéria orgânica, danos a estrutura do solo por causa da erosão e seca, além de por em risco sistemas elétricos, ferrovias, rodovias e áreas verdes. Outro impacto importante é o da qualidade do ar da região das plantações com possíveis consequências para a saúde da população, afinal, são emitidos poluentes como CO_x, CH₄ e material particulado e ocorre aumento do ozônio troposférico (GOLDEMBERG *et al.*, 2008).

A degradação do solo devido à compactação e erosão é um importante problema do cultivo de cana, sendo que a erosão está associada às grandes áreas de solo exposto que ficam suscetíveis à chuvas intensas e ventos, durante o processo inicial de conversão do uso do solo e no processo intermediário entre a colheita e o novo crescimento que o solo fica exposto por vários meses. Já a compactação ocorre devido ao constante tráfego de máquinas agrícolas pesadas, destruindo propriedades físicas do solo como a porosidade e densidade que diminuem a infiltração de água e contribuem para a erosão (MARTINELLI & FILOSO, 2008).

A erosão também contribui para deterioração dos sistemas aquáticos devido ao carregamento de partícula de sedimento para os cursos d'água (MARTINELLI & FILOSO, 2008). As águas residuais também são um problema quando se trata de poluição de água por conterem grande carga de matéria orgânica do processamento da cana e poluentes inorgânicos dos agroquímicos utilizados (GOLDEMBERG *et al.*, 2008).

A produção do vinhoto, subproduto do processamento da cana que é produzido em grandes quantidades, também é uma questão significativa. Esse tem alta carga orgânica e pH entre 4 e 5. Por ter uma disposição cara, foi por muitos anos lançado em rios e causando problemas sérios de poluição da água na época de colheita. Essa prática foi proibida em todo o país e uma alternativa utilizada é a fertirrigação com o vinhoto na própria plantação de cana, mas existem estudos sobre a possibilidade dessa prática causar poluição de água subterrânea (GOLDEMBERG *et al.*, 2008).

Em se tratando da expansão das plantações, a região Centro-Oeste apresenta condições climáticas (período de seca) e topográficas ideais para a cana-de-açúcar, mas essa região apresenta metade da produção de soja do país. Assim, dependendo do preço de mercado e da terra, a soja pode ser substituída por cana, causando uma pressão para os produtores de soja se movimentarem em direção ao Norte do país, rumo a Amazônia, com consequente aumento do desmatamento na região (MARTINELLI & FILOSO, 2008).

A situação da pressão sobre outras culturas (não somente a soja) é preocupante, mesmo que a maior parte dos novos cultivos de cana seja em áreas degradadas de pastagens que se tornaram mais eficientes (GOLDEMBERG *et al.*, 2008). Afinal, dados mostram que em São Paulo áreas de plantação de milho estão cedendo lugar à cana-de-açúcar, assim, a substituição de outras culturas para a monocultura canavieira, causando um deslocamento espacial que pode levar a desmatamento de áreas nativas e diminuição da produção de alimentos. Nesse sentido, é necessário um controle para que a cana não empurre as atividades de soja, milho e até a pecuária sobre o Cerrado e a Amazônia (COELHO *et al.*, 2007).

Mas mesmo que a cana não seja responsável diretamente por grandes desmatamentos, não se pode desprezar essa questão, principalmente quando se trata de locais como o Estado de São Paulo que já apresenta baixo índice de vegetação nativa, e ainda mais quando se trata do Cerrado que é considerado por muitos o celeiro do Brasil, mas é um bioma de grande importância e riqueza biológica. Segundo Goldemberg *et al.* (2008) o Noroeste do Estado se destaca como área com grande potencial no curto prazo para a expansão. Esse crescimento é fruto do fato de essa cultura já ser “tradicional” no Estado (COELHO *et al.*, 2007). Também se pode citar o Triângulo Mineiro, Mato Grosso do Sul, Goiás e Norte do Espírito Santo como áreas importantes para expansão, por combinarem condições propícias de qualidade do solo, precipitação e logística (GOLDEMBERG *et al.*, 2008).

Com relação à utilização de agrotóxicos, esta é preocupante do ponto de vista ambiental em todo tipo de agricultura baseada em grandes monoculturas, incluindo a da cana, em que são aplicados herbicidas, inseticidas, fungicidas e maturadores, que são fontes de poluentes inorgânicos que afetam o solo e corpos d’água (GOLDEMBERG *et al.*, 2008). Além disso, a prática de despejo desses através de aviões pode causar danos a outras culturas (NOEL, 2007).

Os fertilizantes também causam problemas, o crescimento do uso destes na agricultura do Brasil está associado à expansão e intensificação do cultivo de cana. Quando mais esses são utilizados, maior é a possibilidade de nutrientes em excesso, como o nitrogênio, acumularem no ambiente e serem transportados para o meio aquático contribuindo para eutrofização (MARTINELLI & FILOSO, 2008).

Quanto aos problemas das reservas legais (RL) e áreas de proteção permanentes (APPs), esses se relacionam com o desrespeito histórico do setor canavieiro ao Código Florestal (WWF, 2008). Este estabelece a necessidade de manter nas propriedades rurais uma porcentagem de reserva legal, correspondente a 20% na maior parte do país, incluindo São Paulo, 35% no Cerrado da Amazônia e 80% na floresta Amazônica. Em se tratando da APPs

de vegetação ripária, estas precisam ser preservadas nas duas margens dos rios, sendo que o mínimo é 30m e o máximo 500m de acordo com a largura do rio (BRASIL, 1965).

Silva et al. (2007) mostram que somente 25% do que deveria ser APP nas margens de rios nas sete grandes bacias hidrográficas de São Paulo com presença de agricultura apresenta vegetação natural. O restante 75% estão cobertos com culturas agrícolas e pastagem.

Nesse sentido, é importante uma discussão sobre mecanismos de realocação e compensação de reservas legais e planos de recomposição de áreas de preservação permanente nas beiras dos cursos d'água (WWF, 2008). Mas, isso não é suficiente, devem-se criar mecanismos que garantam o cumprimento da legislação para que essas áreas não continuem em processo de degradação e destruição.

Também é fundamental ressaltar a questão de alteração da paisagem, visto a extensão da monocultura de cana-de-açúcar que ocupa grandes áreas de uma única espécie vegetal, além da fragmentação da cobertura vegetal. Segundo Laurence e Bierregaard (1997) "A paisagem fragmentada está se tornando uma das características mais onipresente do mundo tropical - e de fato, de todo o planeta", a perda e fragmentação de ecossistemas são uma das maiores ameaças para a vida selvagem e as florestas, consideradas, inclusive, as principais causas de extinção de espécies.

3. A CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO

O estabelecimento da cultura da cana-de-açúcar nos Estados do Sudeste, especialmente São Paulo, ocorreu no período durante e após a Segunda Guerra Mundial, fortemente incentivado pelo Instituto do Açúcar e do Alcool devido à dificuldade de transporte marítimo do açúcar produzido no Nordeste para os principais centros consumidores, Rio de Janeiro e São Paulo. Essa situação iniciou o processo de transferência da agroindústria canavieira para o Sudeste que se consolidou de fato nos anos 1950 (SZMRECSÁNYI & MOREIRA, 1991).

O Estado de São Paulo é maior produtor de cana-de-açúcar, possuindo municípios com grandes áreas ocupadas com essa cultura e com usinas instaladas, assim, tem que enfrentar os problemas sociais e ambientais associados a esta atividade, como os descritos no item anterior (CAMARGO *et al.*, 2008).

As queimadas da palha para facilitar o corte manual afeta consideravelmente os municípios paulistas que tem em seus territórios a cana, contudo na década de 1990 começou a pressão para o impedimento dessas através da ação do Ministério Público, que utilizava a legislação vigente, como o Código Florestal e outras leis ambientais, para responsabilizar judicialmente os envolvidos nessa prática (CAMARGO *et al.*, 2008). Para lidar com esse problema no Estado de São Paulo foi criada a Lei 11.241/2002 para a eliminação progressiva da queimada da cana até o ano de 2030 e a prática de queimada é controlada/autorizada pela Secretaria de Meio Ambiente, mas isso não ocorre em outras regiões do país onde a atividade ocorre ou está avançando (GOLDEMBERG *et al.*, 2008).

A expansão territorial da cana-de-açúcar

A atividade canavieira está amplamente presente no Estado de São Paulo, entre as 15 Regiões Administrativas (RA), 11 são consideradas as grandes produtoras de cana-de-açúcar: Araçatuba, Barretos, Campinas, Central, Franca, Marília, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, São José do Rio Preto e Sorocaba (COELHO *et al.*, 2007). Vale ressaltar que 74% dos municípios produziram cana-de-açúcar na safra 2009/2010 (INPE, 2010).

O recente interesse pelo etanol como combustível automotivo levou a expansão territorial da monocultura de cana-de-açúcar. Isto associado à ampliação de plantas industriais e a construção de novas usinas, resultado da visão da iniciativa privada sobre a importância dos biocombustíveis na matriz energética brasileira (CAMARGO *et al.*, 2008).

Segundo análises do INPE/CANASAT entre as safras de 2003/04 e 2009/10 houve um acréscimo de 2.326.444 ha na área de cana-de-açúcar disponível para colheita em São Paulo, um crescimento de 90,5%. A RA com maior área total cultivada, na safra 2009/10, foi São José do Rio Preto (697.607 ha), representando 13,3% do total cultivado, seguida por Araçatuba (572.055 ha), com 10,9%, e Campinas (537.824 ha), com 10,3% (INPE, 2010).

A Figura 7 mostra o mapeamento do cultivo de cana-de-açúcar em São Paulo na safra 2009/10, em que as áreas são classificadas nas seguintes classes (INPE, 2010):

- 1) Área de cana-de-açúcar disponível para colheita na safra corrente.
 - a) *Soca* – Áreas de cana-de-açúcar provenientes da rebrota;
 - b) *Reformada* – Áreas de cana-de-açúcar que passaram por reforma dos talhões na safra anterior com o plantio da cana;

c) *Expansão* – são as áreas que nas safras anteriores eram destinadas a outros usos do solo e na safra corrente são cultivadas com cana-de-açúcar e estão disponíveis para colheita pela primeira vez.

2) Área de cana-de-açúcar *Em Reforma* – Áreas que foram cultivadas com cana-de-açúcar na safra anterior, mas na safra corrente se apresentam com padrão diferente da cana-de-açúcar e/ou típico de reforma.

Figura 7 – Cultivo de cana-de-açúcar em São Paulo na safra 2009/10 (INPE, 2010).

Dentre as Regiões Administrativas, a de Presidente Prudente foi a que teve a maior expansão em termos de área (76.144 ha) que representou 23,66% da área total expandida, isto indica que essa região é destaque para o recebimento de novos plantios de cana-de-açúcar. Essa situação é devida a esta RA ter a quarta maior extensão territorial do Estado, mas possuir a segunda menor porcentagem de sua extensão ocupada com o cultivo de cana-de-açúcar (17,17%). Também pode se destacar as regiões de São José do Rio Preto e Araçatuba, como mostra a Figura 8 (INPE, 2010).

Figura 8 – Área de expansão de cana-de-açúcar nas regiões administrativas do Estado de São Paulo - safra 2009/10 (INPE, 2010).

Em São Paulo a pressão de novas áreas de cultivo de cana vem ocorrendo, principalmente, sobre terras com pastagens cultivadas, não afetando significativamente a área de cultivo de alimentos, no Estado como um todo, exceto para feijão da seca e arroz. De qualquer forma, essa situação impulsiona a criação de novas configurações regionais no meio rural, principalmente na região oeste do Estado (CAMARGO *et al.*, 2008).

Além disso, a expansão do cultivo de cana-de-açúcar tem um efeito no aumento de concentração da posse da terra, visto a situação de arrendamento de pequenas e médias propriedades, onde se produz principalmente alimentos básicos, leva a uma destruição das benfeitorias existentes, praticamente inviabilizando o retorno à terra dos seus proprietários quando o arrendamento termina. Também tem questão da compra da terra do pequeno e médio produtor para o cultivo de cana-de-açúcar, e neste caso é o fim da permanência dos produtores no local, pois eles não conseguirão comprar de volta (CAMARGO *et al.*, 2008).

4. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para o desenvolvimento deste estudo se utilizou a abordagem metodológica da economia ecológica que busca compreender as relações entre os sistemas econômicos e ecológicos e, com isso, fornecer conhecimento para uma gestão sustentável dessas relações. A organização da pesquisa foi feita de acordo com Baumgärtner *et al.* (2008) que consideram que a operacionalização desta área do conhecimento ocorre em três níveis de análise: conceitos, modelos e estudos de caso.

4.1 CONCEITO CENTRAL

O conceito central que norteia a abordagem da pesquisa é o de vulnerabilidade ambiental proposto por Turner *et al.* (2003). Os autores definiram três fatores que compõem uma estrutura de análise de vulnerabilidade ambiental:

- Exposição: características que definem as ações humanas às quais a vulnerabilidade ambiental responde, devido às perturbações e impactos gerados;
- Sensibilidade: condições do sistema (capital natural e social) relacionadas com a capacidade de suporte do mesmo e que são afetadas pela exposição;
- Resiliência: mecanismos de enfrentamento dos impactos, através de ações naturais e humanas, no sentido de restabelecimento do padrão anterior (ou próximo deste) de equilíbrio dinâmico do sistema.

4.2 MODELO DE ANÁLISE

O modelo de análise (Figura 9) proposto no presente trabalho representa as relações entre a atividade agrícola de cana de açúcar, a vulnerabilidade ambiental dos territórios alvos dessa atividade e as políticas públicas direcionadas a essa temática, em que estes três elementos têm consequências na alteração (positiva ou negativa) na qualidade ambiental das paisagens com presença de cana. Destaca-se que a escala da vulnerabilidade ambiental tratada no presente trabalho é local, devido aos fatores de exposição, sensibilidade e resiliência

relacionados à monocultura de cana-de-açúcar atuarem primordialmente no nível municipal e de bacias hidrográficas. Já as políticas públicas abordadas estão na escala regional/nacional e a paisagem que sofre as alterações desses elementos é tratada na escala local, mas também regional/nacional.

Para o entendimento dessas relações foi necessário montar um quadro de vulnerabilidade ambiental com os componentes de exposição, sensibilidade e resiliência baseados nas questões ambientais chaves da cultura de cana-de-açúcar, além de um quadro com critérios de avaliação de políticas ambientais.

Figura 9 – Modelo geral de análise.

Análise de vulnerabilidade ambiental em relação à monocultura de cana-de-açúcar

Para a análise de vulnerabilidade ambiental em relação à monocultura de cana-de-açúcar foi construído um quadro composto por fatores de exposição, sensibilidade e resiliência baseado em bibliografias sobre as questões ambientais envolvidas com esta cultura

agrícola (Martinelli & Filoso, 2008; Goldemberg *et al.*, 2008; Coelho *et al.*, 2007; Noel, 2007; WWF, 2008) e indicadores ambientais e econômicos (São Paulo, 2010; São Paulo, 2009b; IEA, 2010) .

No quadro os fatores de *exposição* são as pressões antrópicas decorrentes da atividade, os de *sensibilidade* as principais condições alteradas pela presença da atividade no território e os de *resiliência* as ações humanas e naturais que buscam diminuir a vulnerabilidade no território. Assim, o modelo representa as principais variáveis que devem ser consideradas ao se tratar do tema de vulnerabilidade ambiental de territórios com cana-de-açúcar, conforme mostra a Quadro 1.

Para a análise de como a vulnerabilidade ambiental é considerada nas políticas públicas para o setor canavieiro, partiu-se da premissa que há uma priorização nas potencialidades territoriais que favorecem a expansão da cultura de cana. Porém, as condições ambientais dos territórios e paisagens são restrições à expansão da cana-de-açúcar e devem ser também consideradas nesses processos. Dessa forma, foi construída uma lista de verificação de como os fatores de sensibilidade são considerados nos processos de construção de políticas e planejamentos, estes foram classificados como: Considerados satisfatoriamente; Considerados parcialmente; Não considerados.

Quadro 1 – Quadro geral de vulnerabilidade ambiental para a monocultura de cana-de-açúcar

Componentes de vulnerabilidade ambiental para a monocultura de cana-de-açúcar	
Exposição	
Alterações da paisagem	Homogeneização da paisagem Fragmentação da cobertura vegetal Descumprimento de Reserva Legal e APP
Poluição	Emissão de poluentes atmosféricos Aplicação de agrotóxicos Produção de Resíduos
Uso de recursos naturais	Uso de água Alteração das características do solo
Pressão de expansão	Pressão sobre outras culturas agrícolas Supressão de vegetação nativa
Sensibilidade	
Recursos Naturais	Qualidade do solo Qualidade da água Qualidade do ar Vazão dos cursos d'água
Paisagem	Cobertura vegetal natural Presença de outras culturas agrícolas
Biodiversidade	Reserva Legal Área de Preservação Permanente Diversidade de espécies Proximidade da monocultura com Unidades de Conservação
Resiliência	
Controle ambiental	Zoneamento Licenciamento Fiscalização Monitoramento
Legislação específica	Eliminação de queimada Normas regulatórias
Expansão controlada	Em áreas já degradadas Em áreas de pastagens que se tornaram mais eficientes
Ações diretas dos proprietários	Manejo agrícola Recomposição florestal Mecanização Controle de queimadas

Avaliação de políticas ambientais

Além da análise da inclusão de questões de vulnerabilidade ambiental nas políticas públicas, também é necessária uma discussão de critérios políticos e econômicos envolvidos na escolha dos instrumentos de gestão ambiental, pois estes têm grande influência no resultado da aplicação do instrumento no sentido de reduzir as externalidades negativas causadas ao ambiente devido à monocultura de cana-de-açúcar, gerando mudanças efetivas nas práticas agrícolas predominantes. Assim, buscou-se literaturas sobre critérios de avaliação de políticas ambientais e baseado em Baumol & Oates (1979), Perman *et al.*, (1996) e Nogueira & Pereira (2002) foi construído um modelo (Quadro 2) com os principais critérios e respectivas perguntas que devem ser feitas na avaliação de políticas ambientais, como os instrumentos de gestão ambiental.

Quadro 2 – Critérios para avaliação de políticas ambientais (Baseado em BAUMOL & OATES, 1979; PERMAN *et al.*, 1996; NOGUEIRA & PEREIRA, 2002)

Avaliação de políticas ambientais	
Critérios	Pergunta
Eficácia	É confiável para alcançar os objetivos? Funciona corretamente e de forma automática ou depende de uma série de elementos não previsíveis?
Permanência	É efetivo somente enquanto captura o interesse do sociedade e da mídia? A influência do instrumento se fortalece, enfraquece ou se mantém ao longo do tempo?
Adaptabilidade ao crescimento econômico	É suficientemente flexível para se adaptar a expansão normal da economia e da população, ambos que tendem a acentuar os impactos ambientais?
Eqüidade	Quais são as implicações sobre a distribuição da renda e da riqueza pela aplicação do instrumento?
Incentivos ao esforço máximo	Gera incentivos contínuos para melhorar produtos ou processos de produção visando a redução da poluição?
Eficiência	Atinge os objetivos com o menor custo?
Flexibilidade	O instrumento ou política é capaz de se adaptar de maneira barata e rapidamente quando surgem informações, quando mudam as condições ou quando os objetivos são alterados?

4.3 ESTUDO DE CASO

Para a aplicação do modelo de análise foi escolhido como estudo de caso o Estado de São Paulo pelo histórico relacionado ao cultivo de cana-de-açúcar, pelas previsões de expansão territorial da atividade e pela existência de políticas públicas exclusivas para o setor canavieiro.

Dentre as políticas do Estado de São Paulo em relação à agricultura de cana-de-açúcar, é possível destacar o zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro, um instrumento de auxílio à expansão da cultura canavieira. Assim, este foi escolhido para a aplicação da lista de verificação de como os fatores de sensibilidade foram considerados na construção do zoneamento e para discussão em relação aos critérios de escolha de política ambiental.

Esse zoneamento por ser agroambiental, deve tratar em tese de potencialidades (agro) e de restrições (ambiental), no ordenamento do território para a atividade canavieira. Nesse sentido, para verificar se as restrições ambientais são devidamente tratadas, empregou-se a perspectiva da vulnerabilidade ambiental, que traz em si uma abordagem sobre os limites do território para a atividade. Assim, busca-se compreender se o ZAA está orientando o território no sentido de um aumento ou de uma diminuição da vulnerabilidade, a partir da verificação de se os critérios de sensibilidade estão internalizados no zoneamento.

Para análise se utilizou o mapa do ZAA e os mapas de cada componente temático disponibilizados em ShapeFiles no site da Secretarias do Meio Ambiente (SMA), foi utilizado o software ArcGIS para manipulação dos mesmo. Também se teve acesso a documentos sobre o zoneamento produzidos pelas SMA e Agricultura e Abastecimento (SAA) do Estado de São Paulo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 O QUADRO DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL PARA A MONOCULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Essas temáticas apresentadas no modelo contribuem para o entendimento da relação entre os fatores de vulnerabilidade ambiental que compõem o contexto das questões ambientais problemáticas da expansão da monocultura de cana. Assim, deveriam ser consideradas nas políticas públicas ambientais e em seus instrumentos relacionadas ao setor canavieiro para que se trate adequadamente a vulnerabilidade dos territórios com áreas de cana-de-açúcar e daqueles em que se pretende expandir essa atividade.

A partir do modelo foram construídos três fluxogramas que demonstram as conexões entre os componentes de vulnerabilidade ambiental, entre os de exposição e sensibilidade (Figura 10), sensibilidade e resiliência (Figura 11) e exposição e resiliência (Figura 12).

Figura 10 – Fluxograma das principais relações entre os componentes de exposição e sensibilidade

Figura 11 – Fluxograma das principais relações entre os componentes de sensibilidade e resiliência

Figura 12 – Fluxograma das principais relações entre os componentes de exposição e resiliência

Com a análise do modelo conceitual e dos fluxogramas é possível identificar quais as ações de exposição alteram quais condições do meio e quais as ações de resiliência precisam ser tomadas. Por exemplo, quando se coloca a sensibilidade como centro da análise compreende-se que a paisagem e a biodiversidade sofrem prejuízos devido às alterações da paisagem (homogeneização através de monocultura, fragmentação, falta de reserva legal e APP) e à pressão para expansão territorial (em áreas de outras culturas e vegetação nativa). E que ações diretas dos proprietários, controle da expansão, conservação da biodiversidade e controle ambiental pelo Estado podem contribuir para uma paisagem com menos problemas em termos ambientais e um aumento da biodiversidade.

Já em se tratando dos recursos naturais (ar, solo, água), estes são uma questão importante, pois sofrem alterações em qualidade e quantidade devido ao uso e a poluição. Nesse sentido, para contribuir, em termos de resiliência, são necessárias ações diretas dos proprietários para um manejo mais adequado e menos impactante, controle ambiental pelo Estado e legislação específica que para atividade como normas regulatórias e a proibição de queima da palha.

Esse tipo de análise das relações entre os fatores de exposição, sensibilidade e resiliência permite visualizar a situação das alterações significativas na qualidade ambiental de territórios que tem a presença de cana, como mostra a Figura 13. Se pensarmos a partir do sistema bacia hidrográfica, o sistema econômico agrícola gera externalidades negativas para o território através da atividade canavieira que afeta o sistema ecológico com seus componentes ambientais e serviços ecossistêmicos associados.

Assim, ocorre um aumento da vulnerabilidade ambiental do sistema e uma diminuição da resiliência natural do ambiente, este não consegue responder sozinho às alterações que sofre no sentido de restabelecer um equilíbrio. Desta forma são necessárias ações humanas de resiliência que possibilitem a diminuição da vulnerabilidade, através da diminuição dos impactos das ações de exposição e da melhoria das condições de sensibilidade.

Figura 13 – Esquema de vulnerabilidade ambiental de sistemas com monocultura de cana-de-açúcar.

Nesse sentido, em se tratando de sistemas com presença da monocultura de cana-de-açúcar, e da crescente produção de etanol associada, é importante a compreensão da vulnerabilidade ambiental e, de forma mais abrangente, da sustentabilidade territorial da atividade que abrangem múltiplos fatores (físicos, bióticos, sociais e econômicos) em um ambiente repleto de complexidade e incertezas.

5.2 AS POLÍTICAS PÚBLICAS EM RELAÇÃO À CANA-DE-AÇÚCAR EM SÃO PAULO

Em nível federal, foi criado em 2003 o Projeto Canasat para o monitoramento anual do cultivo de cana-de-açúcar nos estados do Centro-Sul e por meio de imagens de satélite Landsat. Esse projeto é realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que pertence ao Ministério de Ciência e Tecnologia, em parceria com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) (RUDORFF *et al.*, 2010). Esse monitoramento é muito importante para

entender a dinâmica espacial da cultura de cana-de-açúcar, servindo como base de dados para as políticas federais e estaduais relacionadas a esta temática.

Em 2009 foi lançado o Zoneamento Agroecológico (ZAE) da cana-de-açúcar por meio do Decreto Presidencial 6.961/2009, enviado ao Congresso Nacional como projeto de lei (PL 6.077/2009). Este se insere num contexto de preocupação com a ampliação da produção de etanol e a conquista do mercado internacional, mas para isso é reconhecida a necessidade de incorporação de critérios de sustentabilidade ambiental (REPÓRTER BRASIL, 2009).

O objetivo geral do ZAE da cana-de-açúcar é dar subsídios técnicos para formulação de políticas públicas, contribuindo com o ordenamento da expansão dessa cultura agrícola e a produção sustentável de etanol e açúcar no território brasileiro. Destaca-se o fato de o ZAE considera que as áreas dos biomas Amazônia, Pantanal e da Bacia do Alto Paraguai não são consideradas aptas para a produção de cana. Outra questão importante é que o zoneamento visa diminuir a competição do cultivo de cana com áreas de produção de alimentos (MANZATTO *et al.*, 2009).

Já em nível estadual, o governo de São Paulo, através da Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SMA), criou, em 2007, 21 Projetos Estratégicos na área ambiental, entre eles o denominado Etanol Verde com o objetivo de *“estimular a produção sustentável de etanol, respeitando os recursos naturais, controlando a poluição, com responsabilidade socioambiental em parceria com o setor sucroenergético”* (SMA-SP, 2011). Esse projeto envolve o Protocolo Agroambiental e o Zoneamento Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro (ZAA). Além disso, São Paulo apresenta normas específicas para a cultura de cana-de-açúcar, como a Lei nº. 11.241/2002 relacionada à queima de palha de cana e as Resoluções SMA 42/2006 e 88/2008 que tratam do licenciamento de empreendimentos do setor.

A Lei nº. 11.241/2002 foi criada com o objetivo de eliminar o uso do fogo como método despalhador e facilitador do corte da cana-de-açúcar, contribuindo, assim, com o impacto na qualidade do ar nas regiões de plantação de cana. São estabelecidas metas gradativas para a eliminação da queima e os prazos finais são de 2021 para as áreas mecanizáveis e 2031 para as áreas não mecanizáveis (SÃO PAULO, 2002).

As Resoluções da Secretaria do Meio Ambiente tratam de processos relacionados ao licenciamento ambiental. A Resolução SMA 42/2006 é voltada aos critérios e procedimentos para destilarias de álcool, usinas de açúcar e unidades de fabricação de aguardente, estabelecendo os empreendimentos que necessitam da Avaliação de Impacto Ambiental com Relatório Ambiental Preliminar (RAP) ou Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e os que não necessitam de nenhum processo de AIA.

Já a Resolução SMA 88/2008 é fruto do ZAA e é responsável pelas diretrizes técnicas do licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. Foi criada considerando a necessidade de definição de procedimentos em função das características próprias do território onde se pretendem instalar empreendimentos. Assim, o tipo de Estudo Ambiental a ser apresentado para demonstração de viabilidade é definido de acordo com a localização da unidade no mapa do zoneamento agroambiental (SÃO PAULO, 2008).

O Protocolo Agroambiental, assinado entre o Governo e a União da Indústria Sucroalcooleira (UNICA), envolve uma certificação para as empresas sucroalcooleiras que visa premiar as boas práticas do setor através de um certificado de conformidade com alguns critérios que é concedido ao produtor e é renovável periodicamente. O protocolo é um instrumento para a redução dos impactos da cultura de cana-de-açúcar e abrange algumas questões como a antecipação dos prazos de eliminação da queima da palha, a proteção de nascentes e dos remanescentes florestais, o controle das erosões e gerenciamento das embalagens de agrotóxicos (SMA-SP, 2011).

Também foi desenvolvido o zoneamento agroambiental (ZAA) do setor sucroalcooleiro, regulamentado por resolução conjunta da Secretaria de Meio Ambiente e a de Agricultura e Abastecimento, a SMA/SAA 4 de 18 de setembro de 2008. O ZAA é considerado um instrumento de planejamento ambiental, tendo o objetivo principal de disciplinar a expansão e ocupação do solo pelo setor canavieiro, além de subsidiar a criação de políticas públicas e contribuir para o planejamento dos empreendedores em relação aos seus planos de negócios e projetos de expansão (SÃO PAULO, 2009a).

As justificativas para a criação do ZAA foram três: a expectativa de expansão da área de plantio, grande demanda internacional pelo etanol, e a necessidade de proteção dos recursos naturais (fauna, vegetação, solo, recursos hídricos superficiais e subterrâneos) através de planejamento e gestão de áreas protegidas (Unidades de Conservação) e subsídios para a definição de ações diferenciadas a serem utilizadas para áreas com sensibilidade ambiental.

No ZAA (Figura 14) o território paulista é dividido em quatro categorias segundo a adequação para cultivo de cana-de-açúcar e instalação de unidades agroindustriais:

- 1) Adequada, que corresponde ao território com aptidão edafoclimática favorável para o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar e sem restrições ambientais específicas;
- 2) Adequada com Limitações Ambientais, que corresponde ao território com aptidão edafoclimática favorável para cultura da cana-de-açúcar e incidência de Áreas de Proteção

Ambiental (APA); áreas de média prioridade para incremento da conectividade; e as bacias hidrográficas consideradas críticas;

3) Adequada com Restrições Ambientais, que corresponde ao território com aptidão edafoclimática favorável para a cultura da cana-de-açúcar e com incidência de zonas de amortecimento das Unidades de Conservação de Proteção Integral; as áreas de alta prioridade para incremento de conectividade; e áreas de alta vulnerabilidade de águas subterrâneas do Estado de São Paulo;

4) Inadequada, que corresponde às Unidades de Conservação de Proteção Integral (Estaduais e Federais); aos fragmentos classificados como de extrema importância biológica para conservação; às Zonas de Vida Silvestre das Áreas de Proteção Ambiental - APAs; às áreas com restrições edafoclimáticas para cultura da cana-de-açúcar; e às áreas com declividade superior a 20%.

Figura 14 – Zoneamento agroambiental da para o setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo.

O zoneamento é composto pelos mapas de (SÃO PAULO, 2009a):

- Aptidão edafoclimática;

- Restrições a colheita mecânica;
- Classificação quanto à qualidade do ar;
- Vulnerabilidade de águas subterrâneas;
- Disponibilidade de águas superficiais;
- Áreas de proteção ambiental (APAs);
- Unidades de Proteção Integral Existentes e Zonas de Amortecimento;
- Unidades de Proteção Integral Indicadas e Zonas de Amortecimento;
- Restauração e Conservação da Biodiversidade – Biota;
- Importância para Proteção da Biodiversidade.

O ZAA foi utilizado como base para elaboração da Resolução SMA 88/ 2009, como dito anteriormente. A resolução visa aprimorar os procedimentos de licenciamento ambiental dos empreendimentos sucroalcooleiros, conforme a categoria para cultivo definida no zoneamento os procedimentos são diferenciados. Isto se dá em função das características próprias do território onde pretende se instalar o empreendimento. Com isso, os critérios técnicos são devidamente definidos para a fixação de condicionantes e exigências nos processos de licenciamento (SÃO PAULO, 2008).

5.3 ANÁLISE DO ZONEAMENTO AGROAMBIENTAL DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Os zoneamentos, em geral, são formados por análises na escala de paisagem, visto que tratam de questões relacionadas às interações entre o homem e a natureza com o objetivo de um ordenamento territorial que, segundo Ranieri *et al.* (2005), considere as potencialidades e fragilidades dos componentes do meio ambiente. Para isso é necessário o conhecimento das dinâmicas ambientais e das atividades produtivas existentes no território.

A utilização desse instrumento gera efeitos no sistema ecológico e no econômico, pois em geral são políticas públicas que atuam dentro da lógica econômica predominante com o objetivo de consertar falhas de mercado, já que estas têm consequências na qualidade ambiental de territórios, ou seja, o zoneamento visa reduzir externalidades negativas. No caso do ZAA, a idéia é que as externalidade do cultivo de cana-de-açúcar e suas atividades agroindustriais associadas sejam diminuídas através de uma política que indique as melhores

localizações para atividade, considerando certos critérios físicos e biológicos que indicam as fragilidades do meio.

O zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro é importante para disciplinar a atividade canavieira que está amplamente consolidada em algumas regiões de São Paulo, mas que também se encontra em expansão. É um instrumento indicativo que não tem a competência de proibir a existência da atividade em determinados lugares ou permitir em outros. Ele visa contribuir para que a localização de novos empreendimentos ocorra preferencialmente em locais com aptidão agrícola e sem restrições do ponto de vista de alguns componentes ambientais.

Com isso, as consequências esperadas são que os empreendimentos canavieiros, como as usinas, se localizem preferencialmente nas áreas indicadas como adequadas, mas também nas áreas adequadas com limitações e com restrições, desde que com a aplicação das devidas medidas técnicas de minimização dos impactos determinadas no licenciamento ambiental.

O zoneamento é um instrumento de controle ambiental que visa alterar os componentes de exposição que causam uma piora na qualidade ambiental dos componentes de sensibilidade. Tanto que umas das justificativas para a criação do ZAA foi a necessidade de definição de ações diferenciadas para serem utilizadas para áreas com sensibilidade ambiental. Assim, os elementos que definem a sensibilidade deveriam ser devidamente considerados no ZAA para que este seja capaz de diminuir a vulnerabilidade ambiental dos territórios com cana-de-açúcar.

Nesse sentido, se aplicou uma lista de verificação dos componentes de sensibilidade determinados para o caso da monocultura de cana-de-açúcar, identificando de que forma foram considerados no ZAA, como mostra a Quadro 3.

Quadro 3 – Análise da consideração dos componentes de sensibilidade da vulnerabilidade ambiental no zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro de São Paulo

Componentes de sensibilidade		É considerado?	Detalhamento
Recursos Naturais	Qualidade do solo	Considerado parcialmente	Em relação aos solos foram considerados três parâmetros de aptidão agrícola: Fertilidade natural, profundidade e pedregosidade. Assim, não foram incluídas questões mais relacionadas às condições de qualidade dos solos, como a suscetibilidade à erosão e compactação e a situação de contaminação.
	Qualidade do ar	Considerado satisfatoriamente	Foi considerado a partir dos Padrões de qualidade do ar (Decreto nº 52.469/07) que é composto pelos seguintes parâmetros: Material Particulado, partículas inaláveis, partículas totais em suspensão, fumaça e dióxido de enxofre.
	Qualidade da água	Considerado parcialmente	Em relação às águas subterrâneas foi considerado um mapeamento da vulnerabilidade dos aquíferos de serem contaminados. Já em relação às águas superficiais foi considerada a classificação de bacias e cursos d'água críticos. Porém, não foi considerado o potencial das águas terem sua qualidade afetada pela expansão do cultivo de cana ou a capacidade de suporte das bacias em relação à atividade canavieira.
	Vazão dos cursos d'água	Considerado parcialmente	Foram consideradas as bacias hidrográficas classificadas como críticas em relação à quantidade de águas disponível e outorgada. Porém, não foi considerada a capacidade das bacias suportarem a expansão do cultivo de cana.
Paisagem	Cobertura vegetal natural	Considerado parcialmente	Não foi considerada a quantidade de cobertura vegetal existente fora de unidades de conservação. Mas são consideradas áreas com prioridade para incremento de conectividade entre áreas verdes, para a implementação de Reserva Legal, Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) e restauração de corredores ecológicos.
	Outras atividades agrícolas	Não considerado	Não foi considerado de nenhuma forma a existência ou potencial de outras culturas agrícolas que competem espacialmente com a cana-de-açúcar.
Biodiversidade	Reserva Legal	Considerado parcialmente	São consideradas áreas com prioridade para incremento de conectividade entre áreas verdes, com a implantação de, por exemplo, Reserva Legal.
	Áreas de preservação permanente	Não considerado	Não são consideradas as delimitações das áreas de preservação permanente dos cursos d'água e topos de morros.
	Diversidade de espécies	Considerado parcialmente	Apesar da consideração das áreas de importância para a proteção da biodiversidade, não se considera a diversidade de espécies que é afetada pela existência de grandes áreas contínuas de cana-de-açúcar.
	Proximidade da monocultura com unidades de conservação	Considerado parcialmente	São consideradas as unidades de conservação de proteção integral e as áreas de proteção ambiental (APAs) Federais e Estaduais. Assim, são deixadas de lado as outras categorias de unidade de conservação de uso sustentável. Além disso, não são consideradas as unidades de conservação municipais. Também são delimitadas as áreas de amortecimento das unidades de conservação, mas é somente um fator de restrição à atividade canavieira, não indicando essas áreas como inadequadas.

Como é possível observar no quadro anterior, a maioria dos componentes (7 do total de 10) obteve a classificação laranja que demonstra que foram considerados parcialmente.

Dois componentes não foram considerados no ZAA, assim, ficaram com a classificação vermelha. Somente o componente “Qualidade do ar” obteve a classificação verde, que significa que foi considerado satisfatoriamente. A situação geral demonstra que de ZAA considerou parcialmente componentes de sensibilidade da vulnerabilidade ambiental dos territórios com presença de cana-de-açúcar. Mas estes não foram tratados de modo satisfatório, pois faltou uma série de informações essenciais para a discussão da expansão territorial da cana no Estado de São Paulo.

Em se tratando dos componentes dos Recursos Naturais, o ZAA tratou questões de solo, água e ar através de mapeamentos específicos que foram incluídos na composição final. O assunto de solos em relação à aptidão agrícola foi tratado em estudo disponibilizado pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas do Governo de São Paulo, em que foram realizadas análises dos diferentes tipos de solos e suas características de fertilidade natural, profundidade e pedregosidade quanto às condições para produção de cana. Porém, não se incluiu questões de qualidade do solo que é afetada pela atividade canavieira, visto que existem sérios impactos de contaminação, compactação e erosão. Assim, faltou ao ZAA, por exemplo, tratar da suscetibilidade dos solos à compactação e erosão.

Quanto aos recursos hídricos, existem muitas informações que foram mapeadas por órgãos e instituições governamentais como o Instituto Geológico (IG), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Foram considerados importantes dados sobre as águas subterrâneas e superficiais, mas não houve a devida ligação entre a situação de qualidade desses recursos e a agricultura de cana-de-açúcar. Faltou relacionar a capacidade de suporte das bacias hidrográficas em receber grandes áreas de cana, pois é uma atividade com significativo consumo de água e que gera subprodutos com potencial contaminador. E em relação à qualidade do ar, esse componente foi o único que foi devidamente abordado, isso se deve provavelmente ao fato de existir padrões específicos de qualidade do ar em normas que são aplicáveis para diferentes atividades humanas, incluindo o cultivo de cana, facilitando a inclusão desse componente no ZAA.

Já em se tratando dos componentes de Paisagem, não se considerou a quantidade de cobertura vegetal existente, isso é de grande importância em um Estado como São Paulo que já não tem grandes fragmentos de vegetação nativa. Porém, o ZAA tem o ponto positivo de ter considerado o trabalho do Projeto BIOTA/FAPESP na definição de áreas prioritárias para a conectividade entre fragmentos de vegetação com a criação de corredores ecológicos. Também não se considerou em nenhum dos mapeamentos as outras atividades agrícolas

existentes em São Paulo que competem espacialmente com a cana-de-açúcar, como o milho e a laranja. O ZAA também poderia ter considerado o potencial das pastagens de se tornarem mais eficientes em termos de quantidade de gado por hectare, liberando áreas que poderiam ser utilizadas para expansão da cana.

Os componentes de Biodiversidade foram incluídos também através dos trabalhos do Projeto BIOTA/FAPESP e da delimitação das unidades conservação de proteção integral, incluindo as respectivas áreas de amortecimento¹, e áreas de proteção ambiental (APAs). Nestas a atividade canavieira não é considerada inadequada e não estão claras quais as restrições para a atividade nas mesmas. Outra questão é que não se incluiu outros tipos de unidades de conservação de uso sustentável e nenhuma das modalidades das áreas protegidas em âmbito municipal. O que seria importante para esse tipo de zoneamento, para que não se considere essas áreas como possibilidades para a expansão da cana.

Todas essas áreas de unidades de conservação, zona de amortecimento e áreas de prioridade para a conectividade são consideradas como de importância para a biodiversidade dentro do ZAA. A manutenção dessas áreas tem um papel importante na conservação da biodiversidade, visto que segundo Viana & Pinheiro (1998), a fragmentação dos ecossistemas é uma das maiores perturbações antrópicas a esta, já gera mudanças que afetam de diferentes formas parâmetros demográficos de natalidade e mortalidade das espécies com conseqüências na estrutura e dinâmica dos ecossistemas. Esse aspecto do comprometimento da diversidade de espécies com a existência de grandes áreas de monocultura de cana-de-açúcar, um elemento importante de fragmentação, não foi considerado no ZAA.

Além dessas áreas, outros fragmentos florestais, como as Reservas Legais e as Áreas de Preservação Permanente, são fundamentais na formação de corredores ecológicos que são considerados uma promissora estratégia para um planejamento regional eficaz de conservação e preservação de flora e fauna, mitigando os efeitos da ação antrópica e garantindo a biodiversidade nos mesmos. Isto ainda mais em situações como a do interior de São Paulo que apresenta um intenso processo de fragmentação, com o isolamento de remanescentes florestais (VALERI & SÊNO, 2005). Contudo, estas áreas não foram devidamente consideradas no ZAA dentro da lógica de um planejamento territorial dos fragmentos florestais que diminua os impactos da ocupação com cana-de-açúcar.

A questão da Reserva Legal foi incorporada através da priorização destas serem alocadas nas áreas prioritárias para conectividade entre fragmentos de vegetação, mas faltou

¹ Faixa no entorno das unidades de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o objetivo de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.

tratar da baixa porcentagem de RL averbada em relação às áreas rurais dos municípios, poderia, por exemplo, ter incluso dados dos déficits de RL por bacia hidrográfica, apontando aquelas em que há prioridade de regularização.

Em relação às áreas de preservação permanentes, estas não foram tratadas nos mapeamentos do ZAA. Seria importante o ZAA indicar a faixa nos entorno dos cursos d'água e topos de morro que devem ser protegidos. Além de que, semelhante ao caso da Reserva Legal, dados sobre a situação das APPs por bacia hidrográfica poderiam ter sido incluídos, demonstrando onde há prioridade na recuperação das mesmas.

Vale destacar que analisando os mapas de aptidão agrícola e o mapa final do ZAA (Figura 15), é possível perceber que a maior parte da área considerada como inadequada para expansão da cana-de-açúcar, são as áreas sem aptidão edafoclimática, localizadas na porção sul de São Paulo. As restantes são as unidades de conservação de proteção integral, em que é proibida a atividade agrícola. Disso se desprende que mesmo considerando de alguma forma os componentes de sensibilidade da vulnerabilidade ambiental do território, o critério mais forte é o da aptidão edafoclimática, ou seja, as potencialidades para produção de cana são mais consideradas do que as vulnerabilidades.

Figura 15 – Mapas de Aptidão Edafoclimática e do Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucroalcooleiro.

É problemático um zoneamento que privilegia as potencialidades territoriais para a atividade canavieira em detrimento das vulnerabilidades. Como aponta Ranieri *et al.* (2005) zoneamentos tem a função de indicar aptidões do território para possibilidades de intervenção, mas para isso é necessário considerar a capacidade de suporte do meio. E como foi possível perceber com a análise do ZAA isso não ocorreu de forma plena, já que elementos que compõem a sensibilidade do ambiente foram negligenciados. Esse fato interfere a capacidade do ZAA de ser um instrumento efetivo no ordenamento espacial de uma atividade agrícola com impactos significativos como a cultura de cana-de-açúcar.

A desconsideração das outras atividades agrícolas e das áreas de preservação permanente pode gerar consequências com efeitos negativos ao sistema ecológico, mas também ao sistema econômico. O Estado de São Paulo, principalmente as regiões Centro-Oeste e Noroeste, que como mostra o INPE (2010) concentram grandes áreas com cana-de-açúcar, poderiam desenvolver outras culturas agrícolas, gerando uma dinamização das economias regionais e uma heterogeneidade da paisagem.

Em relação às APPs, estas têm um papel essencial na regulação e estabilidade do sistema ecológico devido às funções de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 1965). Gerando inclusive benefícios para as atividades agrícolas através dos serviços ecossistêmicos como, por exemplo, manutenção da quantidade e qualidade da água das nascentes e rios e controle de pragas. Assim, deveriam ser consideradas no ZAA, principalmente no sentido de reverter a situação de degradação das APPs no Estado de São Paulo, além de evitar que novas degradações ocorram, garantindo o cumprimento do Código Florestal.

Além das APPs, outras questões relacionadas às áreas de floresta e a biodiversidade precisariam ser tratadas no ZAA de forma mais profunda para que a sensibilidade fosse devidamente considerada. A manutenção das paisagens com vegetação natural é essencial para o equilíbrio ecológico e atuação da resiliência nos sistemas para que haja uma diminuição das vulnerabilidades. Em relação a Reserva Legal, o Estado de São Paulo apresenta uma situação problemática em relação ao descumprimento da porcentagem de 20% da propriedade rural que deve ser mantida com vegetação nativa, comprovada pela baixa cobertura vegetal de 17,6% em todo o estado (IF, 2009). A RL é necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativa (BRASIL, 1965).

Outros pontos que mereceriam ser abrangidos no ZAA são a qualidade da água e do solo que são afetadas pela atividade canavieira, principalmente em nível local. A sensibilidade do meio em receber impactos que alteram significativamente a qualidade destes recursos naturais, por exemplo, em nível de bacia hidrográfica, não foi considerado. Uma possibilidade seria fazer como no caso da qualidade do ar e considerar os padrões de qualidade estabelecidos em lei.

De forma geral, foi possível identificar com a análise dos componentes de sensibilidade que o ZAA foca no cumprimento das exigências legais em relação às restrições ambientais. Isso significa que a questão da vulnerabilidade é tratada do ponto de vista da

preocupação do setor sucroalcooleiro com a obediência da legislação ambiental que estabelece parâmetros mínimos, mas não garante que a sensibilidade do meio será respeitada com a manutenção e expansão da atividade no território paulista.

Todas essas questões demonstram que o ZAA não é suficiente para a tomada de decisão em nível local da localização da cultura de cana, assim, existe uma fragilidade no emprego isolado do ZAA, principalmente pelo fato de não considerar adequadamente os componentes de sensibilidade da vulnerabilidade ambiental de territórios com cana-de-açúcar. Porém isso não invalida o ZAA como política pública, já que este instrumento apresenta um conjunto de mapeamentos com muitas informações relevantes que podem ser utilizados na construção e aplicação de outras políticas voltadas ao setor sucroalcooleiro.

Além disso, pode auxiliar na atuação de outros órgãos governamentais como Secretaria de Meio Ambiente e da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Por exemplo, os mapas de qualidade do ar (Figura 16) e de disponibilidade de águas superficiais (Figura 17) podem subsidiar a atuação governamental nas áreas problemáticas em relação a estes fatores.

Como mostra a Figura 16, as regiões de Campinas, Piracicaba e Ribeirão Preto estão com a condição saturada de qualidade do ar e a região central de São Paulo próximo a Bauru está em vias de saturação. E todas essas áreas concentram grandes áreas de cana-de-açúcar (INPE, 2010), assim, merecendo atenção governamental no sentido de melhoria da qualidade do ar. Já na Figura 17, é possível observar as condições das bacias hidrográficas das regiões de Campinas e Piracicaba e diversos cursos d'água de regiões de plantação de cana que estão em situação crítica de disponibilidade de água, assim, são necessárias ações para reverter essa situação.

Figura 16 – Mapa de classificação de qualidade do ar do zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro de São Paulo

Figura 17 - Mapa de disponibilidade de águas superficiais do zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro de São Paulo

5.4 AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS RELACIONADAS À CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO

A atividade canavieira historicamente obteve intervenção estatal para manutenção deste setor que sempre teve grande importância para a economia nacional. Por muitos anos o Instituto do Açúcar e Alcool controlou a produção e comercialização destes dois produtos, fazendo com que fosse possível a continuidade da atividade mesmo com as muitas crises que afetaram o setor ao longo dos anos, principalmente influenciado pelo contexto internacional (SZMRECSÁNYI & MOREIRA, 1991).

As políticas, como o Proálcool, implementadas fortemente a partir da década de 70, não tinham elementos de consideração do meio ambiente. O objetivo era de contribuir para a manutenção da atratividade econômica do cultivo de cana-de-açúcar. Segundo Santos (2010) essas tiveram consequências na expansão de usinas e de pesquisas técnico-científicas na área, além de contribuírem para a modernização de todas as fases de produção (preparo do solo, plantio, tratos culturais e colheita) com a utilização de defensivos agrícolas e de introdução de variedades geneticamente modificadas de cana.

Somente mais recentemente vieram as políticas públicas com certa preocupação com os impactos ambientais da cana-de-açúcar, como os zoneamentos em nível nacional e estadual (São Paulo). Mas é fundamental que o desenvolvimento de políticas ambientais leve em consideração alguns critérios para que essas sejam bem aplicadas e gerem benefícios efetivos ao ambiente e a sociedade, diferentes critérios são discutidos na literatura, como em Baumol & Oates (1979), Perman *et al.*, (1996) e Nogueira & Pereira (2002).

Nesse sentido, se discutiu sete critérios (ver Quadro 4) para o caso das políticas públicas ambientais relacionadas à cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, com enfoque especial no zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro. Essa discussão levanta alguns pontos que merecem atenção por parte do poder público para que o ZAA e o conjunto de políticas ambientais focadas no setor atinjam seus objetivos de ordenamento da atividade canavieira.

Quadro 4 – Aplicação de critérios para políticas ambientais para o contexto da cana-de-açúcar em São Paulo, com enfoque no zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro.

Avaliação das políticas ambientais relacionadas a cana-de-açúcar em São Paulo	
Critérios	Detalhamento
Eficácia	O ZAA, como um instrumento de ordenamento territorial, tem capacidade de atingir o objetivo de disciplinar a expansão territorial da cana, levando a uma concentração nos locais com mais aptidão e menores vulnerabilidades. Mas para isso é necessária uma maior consideração dos critérios ambientais de sensibilidade do território, além de uma implementação em conjunto com outros instrumentos e políticas que induzam o setor sucroalcooleiro a escolher as áreas mais adequadas do ponto de vista de potencialidades e vulnerabilidades para a expansão.
Permanência	Tanto o ZAA como outras políticas podem não ter efeito a longo prazo se não for do interesse do setor sucroalcooleiro seguir as diretrizes estabelecidas. Por exemplo, a variação das safras e do preço da cana podem interferir nas decisões dos agentes econômicos em relação à localização das suas atividades. Para que isso não ocorra são necessários mecanismos formais de incentivo ao setor, como aplicação de instrumentos econômicos.
Adaptabilidade ao crescimento econômico	Os critérios de vulnerabilidades utilizados no ZAA devem ser permanentes enquanto as condições ambientais permanecerem as mesmas, assim, não devem se adaptar à situação econômica. Mas é possível dizer que o ZAA, de forma geral, é um instrumento flexível em relação ao crescimento econômico do setor sucroalcooleiro, pois não limita de forma contundente a expansão da cana, apenas indica as áreas com maiores potencialidades e menores vulnerabilidades.
Equidade	Os efeitos na equidade devem ser considerados, pois o ZAA tem consequências na distribuição de renda e riqueza, já que há um incentivo à concentração da atividade canavieira nas áreas indicadas como adequadas. Mas também tem a questão de que os benefícios são privados, mas os custos ambientais são arcados pela sociedade, principalmente a localizada nas regiões de cana-de-
Incentivos ao esforço máximo	O ZAA sozinho não tem capacidade de incentivar um esforço máximo por parte do setor sucroalcooleiro em levar a expansão da cana-de-açúcar nas áreas mais adequadas. São necessárias um conjunto de outras políticas para que isso se torne efetivo.
Eficiência	Medir a eficiência envolve quantificar os gastos com a construção e implementação das políticas. No caso do ZAA, o importante é que os objetivos sejam atingidos dentro de um contexto de políticas públicas consideradas como prioritárias, não se tornando somente um mapa nas paredes dos órgãos e instituições. Assim, o dinheiro público não será um desperdício.
Flexibilidade	O ZAA é flexível no sentido de ser relativamente fácil incorporar outras informações e mapeamentos como critérios. Nesse sentido, é possível considerar de maneira mais satisfatória os componentes de sensibilidade da vulnerabilidade ambiental dos territórios.

Com a aplicação dos critérios de confiabilidade, permanência, adaptabilidade ao crescimento econômico, equidade, incentivo ao esforço máximo, eficiência e flexibilidade é possível perceber que um importante gargalo das políticas ambientais relacionadas à cana-de-

açúcar, tendo o ZAA como instrumento central, é a necessidade de outros tipos de políticas, como a aplicação de instrumentos econômicos, para que o setor sucroalcooleiro seja incentivado a direcionar a expansão territorial da cana-de-açúcar para locais menos vulneráveis ambientalmente.

Em termos de confiabilidade em atingir os objetivos, as políticas ambientais devem ser trabalhadas conjuntamente, pois somente assim é possível conseguir disciplinar de fato a atividade canavieira e sua expansão. Além disso, necessitam incorporar efetivamente os componentes de vulnerabilidade dos territórios, para que o sistema ecológico não sofra perturbações de proporções que não permitam a atuação da resiliência.

Em se tratando da permanência dessas políticas, no longo prazo não podem ficar suscetíveis aos interesses puramente econômicos do setor sucroalcooleiro, mas é importante que existam políticas públicas e instrumentos que atuem diretamente no sistema econômico, contribuindo para que o setor internalize as questões ambientais. A adaptabilidade ao crescimento econômico é um ponto favorável à aceitação das políticas, destacando o ZAA, mas não se pode deixar de considerar os componentes de vulnerabilidade ambiental que devem ser constantes de acordo com as restrições que o meio ambiente impõe a atividade.

Quanto à equidade, esta tem que ser mais bem considerada nas políticas ambientais para que se busque minimizar as diferenças na distribuição de benefícios e custos dentro da atividade canavieira. Outro ponto que necessita atenção é o do incentivo ao esforço máximo, o conjunto de políticas voltadas ao setor sucroalcooleiro deve buscar com que este se esforce para tomar decisões que levem a uma situação de baixa vulnerabilidade ambiental.

Já a eficiência é uma questão que sempre necessita atenção por parte dos formuladores de políticas públicas, para que seja possível atingir os objetivos com o menor custo econômico e social, sem que haja desperdício de dinheiro público. E a flexibilidade também é importante para que as políticas possam se adaptar as mudanças que ocorrem no contexto político, econômico, social e ambiental.

Vale destacar que o ZAA, como um instrumento de gestão ambiental, deveria ir além de somente a internalização das externalidades negativas das atividades canavieiras, disponibilizando para a sociedade uma análise holística das relações entre o sistema econômico e o ecológico que se expressa em alterações da paisagem. Para isso, seria necessária uma compreensão abrangente das potencialidades e vulnerabilidades do território paulista frente à cultura de cana-de-açúcar, considerando a capacidade de suporte do meio.

A política do ZAA deveria estar dentro de um contexto de reflexão da grande expansão da cana em São Paulo. Uma possibilidade seria considerar as análises da situação

das plantações de cana-de-açúcar nas Regiões Administrativas realizadas pelo INPE/CANASAT. As RA de Presidente Prudente, São José do Rio Preto e Araçatuba merecem atenção especial por serem os locais em que mais está ocorrendo a expansão da cana-de-açúcar.

Há que se considerara que a expansão não pode ser ilimitada, mesmo nas áreas consideradas adequadas pelo ZAA, já que a existência de grandes áreas de monocultura tem consequências importantes na vulnerabilidade ambiental dos territórios que afetam os serviços ecossistêmicos essenciais para a sociedade.

Esses serviços, inclusive, são importantes para as atividades agrícolas de forma geral, pois geram benefícios como o controle de pragas, reciclagem de nutrientes, fixação de carbono, manutenção da biodiversidade, regulação do fluxo hídrico, estabilidade dos solos, detoxificação de substâncias poluentes, quebra-ventos para os cultivos, amortecedor das águas da chuva e manutenção da qualidade da água (SKORUPA, 2003).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No tratamento das questões ambientais, e de uma forma mais geral das de sustentabilidade, é essencial uma visão sistêmica que permite um entendimento abrangente dos efeitos da ação humana sobre os ecossistemas, visto que o ser humano faz parte do sistema ambiental e as suas decisões econômicas afetam o ecossistema, gerando consequências negativas inclusive para o próprio homem que depende de diversos serviços providos pela natureza.

Esse recorte é essencial para perceber as funções e conexões entre os sistemas ecológico e econômico. E, conseqüentemente, buscar caminhos da solução do problema da relação homem-natureza. Assim, precisa ser incorporado na gestão e planejamento ambiental, em que os problemas ambientais devem ser tratados como complexos, já que estes não podem ser compreendidos e solucionados apenas pelo somatório da compreensão das partes, necessitando da compreensão das propriedades emergentes entre as partes – suporte provido pela abordagem sistêmica.

O suporte teórico da economia ecológica e a visão de paisagem são meios de trabalhar com esse tratamento holístico das relações entre o ser humano e o seu meio, principalmente em se tratando das propriedades que emergem desta. Nesse sentido, uma forma interessante de abordar a questão de vulnerabilidade ambiental é compreendendo-a como uma propriedade emergente que caracteriza as condições do meio ambiente frente às atividades humanas existentes nos territórios.

No Brasil, ainda existe um gargalo importante nos processos de gestão ambiental que é a falta de incorporação de perspectivas sistêmicas, através de, por exemplo, análises abrangentes de paisagem, que contribuem para a incorporação da dimensão ambiental nos processos de criação a aplicação de políticas públicas, como é o caso dos instrumentos de política ambiental.

Para mudar essa condição, modelos de análise de vulnerabilidade ambiental podem contribuir, visto que o conhecimento e a discussão acerca desse assunto, nos meios acadêmicos e políticos, de territórios alvos de atividades humanas altamente problemáticas em termos ambientais são fundamentais para a compreensão da sustentabilidade e da viabilidade da existência das mesmas. Contribuindo, assim, para processos de planejamento e gestão ambiental que sejam capazes de compreender e propor soluções para os problemas

(externalidades) que surgem da integração entre o sistema econômico e o ecológico, garantindo a coexistências destes.

No caso da monocultura de cana-de-açúcar é indispensável que os diversos problemas socioambientais associados sejam considerados de forma efetiva por todos os atores interessados: proprietários, formuladores e aplicadores de políticas públicas, pesquisadores e sociedade civil. Para isso a construção do modelo de vulnerabilidade ambiental pode contribuir por organizar as pressões antrópicas dentro de exposição – alteração da paisagem, poluição, uso de recursos naturais e pressão para expansão –, as condições ambientais que são afetadas dentro de sensibilidade – recursos naturais, paisagem e biodiversidade – e as ações humanas necessárias para solução dos problemas e diminuição da vulnerabilidade dentro de resiliência – controle ambiental, legislação específica, expansão controlada, ações diretas dos proprietários e conservação da biodiversidade. Essa organização permite uma visão sistêmica das questões envolvidas nos impactos que o sistema ecológico sofre devido à atividade agrícola do sistema econômico.

Os proponentes e aplicadores de políticas públicas que estimulam a atividade precisam entender os fatores envolvidos na manutenção e crescimento dessa monocultura no longo prazo, pois agora o etanol parece ser a resposta em relação à utilização de combustíveis, mas é preciso avaliar melhor se a atividade canavieira é sustentável em termos econômicos, sociais e ambientais. Assim, a política de incentivo ao setor deveria ser materializada com a devida atenção à vulnerabilidade ambiental e a sustentabilidade territorial.

Neste ponto, a comunidade científica tem um papel importante em direcionar pesquisas para que estas não se limitem a conhecimentos específicos dos componentes ambientais, mas que levantem questões que sejam aplicáveis no contexto de planejamento e gestão. E, em todo o processo de tomada de decisão, a sociedade civil tem que ser incluída na discussão de se a cultura de cana-de-açúcar é uma opção contida nos rumos de desenvolvimentos que se quer para o município, região ou mesmo para o país.

A visão da vulnerabilidade ambiental precisa ser incorporada nas políticas públicas, incluindo os instrumentos de gestão ambiental, para que seja possível considerar a paisagem, das regiões com monocultura de cana-de-açúcar e daquelas em que é planejada a expansão, como um todo composto por sistemas complexos em constante interação. Assim, é possível incorporar os fatores que causam vulnerabilidade ao sistema, considerando as restrições ambientais para a atividade canavieira.

O Estado de São Paulo apresenta um conjunto de políticas e instrumentos voltados para essa atividade, visto que é de grande importância para a economia estadual. É possível

destacar o zoneamento agroambiental do setor sucroalcooleiro como um instrumento que considera de alguma forma a variável ambiental, visto que abrange mapeamentos temáticos relacionados a águas subterrâneas, águas superficiais, unidades de conservação, biodiversidade e qualidade do ar. Porém, muitos desses mapeamentos não tratam de modo satisfatório os componentes de vulnerabilidade ambiental.

Existe uma clara priorização das potencialidades dos territórios para a atividade canavieira e componentes importantes de vulnerabilidade que determinam a sensibilidade do meio são desconsiderados ou são considerados de modo insatisfatório, em geral, apenas respondendo as exigências da legislação ambiental. Dessa forma, o zoneamento é muito mais “agro” do que “ambiental”, ele tem sua utilidade como política pública, mas não consegue estabelecer parâmetros de vulnerabilidade ambiental além daqueles mínimos que estão estabelecidos em leis.

Esse fato é preocupante, pois o incentivo a expansão do setor sucroalcooleiro não está se materializando com a devida atenção à vulnerabilidade ambiental. Isso tem consequências nas paisagens paulistas que permanecem recebendo pressões da atividade canavieira que afetam a sensibilidade do meio, afetando inclusive a capacidade de resiliência ecológica.

Assim é possível concluir que o ZAA não induz o território paulista em direção da diminuição da vulnerabilidade ambiental, não podendo ser considerado como um instrumento indutor de sustentabilidade, ou pelo menos de sustentabilidade forte. Pode inclusive gerar aumento da vulnerabilidade se não houver um conjunto de outras políticas e ações que garantam que a expansão da cana ocorra de forma a minimizar a gama de impactos ambientais e que a legislação ambiental seja de fato cumprida.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, C. M. **Sustentabilidade: caminho ou utopia?** São Paulo: Annablume, 2006.
- ÁÍMOLA, L. A. Uma introdução à ciência ambiental: Complexidade sócio-ambiental, auto-organização e interdisciplinaridade. In: ABRAMOVAY, R. (org.). **Construindo a ciência ambiental**. São Paulo: Annablume – Fapesp, 2002.
- ALIER, J. M. **Da economia ecológica ao ecologismo popular**. Blumenau: Ed. FURB, 1998. 402 p.
- ALMEIDA, A. C. A origem do debate sobre economia ecológica. **Ciências sociais em perspectiva**. Vol 7, 37-46, 2008
- ALMEIDA, L. T. **Política ambiental: uma análise econômica**, São Paulo: Ed. Unesp, 1998.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Capital Natural, Serviços Ecossistêmicos e Sistema Econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”**. XXXVII Encontro Nacional de Economia. Foz do Iguaçu. 2009.
- ANTROP, M. Landscape change: Plano or chaos?. **Landscape and Urban Planning**. Nº 41, p. 155-161, 1998.
- AYRES, R. U. On life cycle metaphor: where ecology and economics diverge. **Ecological Economics**. Vol. 48, 425-438, 2004.
- BAUMGÄRTNER, S.; BECKER, C.; FRANK, K.; MÜLLER, B.; QUAAS, M. Relating the philosophy and practice of ecological economics: The role of concepts, models, and case studies in inter- and transdisciplinary research. **Ecological Economics**. N 67, p. 384-393, 2008.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, R. **Ecology: individuals, populations, and communities**. Oxford: Blackwell Science, 1996.
- BERNSTEIN, B. B. Ecology and economics: complex systems in change environments. **Annual Review of Ecology and Systematics**. Vol. 12, 309-330, 1981.
- BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1977.
- BRADLEY, M. P.; SMITH E. R. Using science to assess environmental vulnerabilities. **Environmental Monitoring and Assessment**. Vol 94, 1-7, 2004.

BRANCO, S. M. **Ecossistêmica: Uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente**. São Paulo: Edgard Blücher. 1999.

BRASIL. Lei 4471 – Institui novo código florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis /L4771.htm>. Acesso em: 30 Jun. 2010.

BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L6938.htm>>. Acesso em 02 Mai. 2010.

CAMARGO, A. M. P.; CASER, D. V.; CAMARGO, F. P.; OLIVETTE, M. P. A.; SACHS, R. C. C.; TORQUATO, S. A. Dinâmica e tendência de expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, estado de São Paulo, 2001-2006. **Informações Econômicas**. Vol. 38, nº 3, 2008.

CANADELL, J.; NOBLE, I. Challenges of a changing Earth. **Trends in Ecology & Evolution**. Vol.16 No.12. 2001

CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Revista Estudos Avançados**. 24 (68), 2010.

CECHIN, A. **A natureza como limite a economia**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo/Edusp, 2010.

CHORLEY, R. J.; SUTUMM, S. A.; SUDGEN, P. E. **Geomorphology**. Londres: Methuen & co, 1985.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. M.; LORA, B. A.; MONTEIRO, M. B. C. A.; GORREN, R. A sustentabilidade de expansão da cultura canavieira. **Cadernos Técnicos da Associação Nacional de Transportes Públicos**. São Paulo, vol. 6, 2007.

COIMBRA, J. A. **O outro lado do meio ambiente**. São Paulo: CETESB, 1985.

COSTANZA, R. **Economia ecológica: Uma agenda de pesquisa**. In: MAY, P. H.; MOTTA, R. S. (orgs.). Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.

DAJOZ, R. **Ecologia geral**. Petrópolis: Ed. Vozes, 1983.

DEL PRETTE, M. E. **Metodologias de zoneamento: controvérsias sobre o ecológico e o econômico**. In: STEINBERGER, M. (org). Território, ambiente e políticas públicas espaciais. Brasília: Paralelo 15 e LGE Editora, 2006.

EAKIN, H.; LUERS, A. L. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. **Annual Review of Environmental Resources**. Vol 31, 364-94, 2006.

EMÍDIO, T. **Meio Ambiente & Paisagem**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; RODRIGUES, G. S.; CALDEIRA-PIRES, A.; ROSA, M. F.; ARAGÃO, F. A. S.; VIEIRA, V. P. P. B.; MOTA, F. S. B. Environmental performance evaluation of agro-industrial innovations – Part 2: methodological approach for performing vulnerability analysis of watersheds. **Journal of Cleaner Production**. P. 1-10, 2010.

FRANCO, M, A. R. **Planejamento ambiental para cidade sustentável**. São Paulo: Annablume, 2001. 2ª ed.

GALBRAITH, J. K. **A Economia & o objetivo público**. São Paulo: Martins Editora, 1975.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy policy**. Vol. 36, 2008.

GUNDERSON, L. H. Ecological Resilience – in theory and application. **Annual Review of Ecology and Systematics**. Vol 31, p 425-39, 2000.

HUETING, R., REIJNDERS, L., DE BOER, B., LAMBOONY, J., JANSEN, H. The concept of environmental function and its valuation. **Ecological Economics**. 25 (1), 31-35, 1998.

IEA – INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Banco de dados**. São Paulo: IEA, 2010. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/indices_new.aspx>. Acesso em: 05 Abr. 2011.

IF – INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal**. 2009. Disponível em: <<http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/inventario.html>>. Acesso em: 05 Abr. 2011.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Uso de imagens de satélite de sensoriamento remoto para mapear a área cultivada com cana-de-açúcar no**

Estado de São Paulo – Safra 2009/10. 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/02.09.18.47>>. Acesso em: 05 Abr. 2011.

JACKSON, L. E.; BIRD, S. L.; MATHENY, R. W.; O'NEILL, R. V.; WHITE, D.; BOESCH, K. C.; KOVIACH, J. L. **Environmental Monitoring and Assessment**. N° 94, PAG. 231-248, 2004.

KASPERSON, R. E.; DOW, K.; ARCHER, E. R. M.; CÁCERES, D.; DOWNING, T. E.; ELMQVIST, T.; ERIKSEN, S.; FOLKE, C.; HAN, G.; IYENGAR, K. VOGEL, C.; WILSON, K. A.; ZIERVOGEL, G. **Vulnerable Peoples and Places**. In: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. 9 (ed.). Ecosystems and human well-being: current state and trends. Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC: Island Press, 2005.

LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O. (Eds.). **Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of fragmented communities**. Chicago, USA: The University of Chicago Press. 1997.

LEVIN, S. A. Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems* Vol 1, 431-436, 1998.

LIMA, A. **Zoneamento Ecológico-Econômico: à luz dos direitos socioambientais**. Curitiba: Juruá, 2006. 287 p.

LUERS, A. L. The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. **Global Environmental Change**. N° 15, p. 214–223, 2005.

LUNNEY, D.; PRESSEY, B.; ARCHER, M.; HAND, S.; GODTHELP, H.; CURTIN, A. Integrating ecology and economics: illustrating the need to resolve conflicts of space and time. **Ecological Economics**. N° 23, p. 135-143, 1997.

MACEDO, I. C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Revista Estudos Avançados: Dossiê Energia**. São Paulo, n. 59. p. 157-16, jan./abr. 2007.

MANZATTO, C. V. ASSAD, E. D.; BACCA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. (org.). **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

MANKIW, M. G. **Introdução à Economia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MANTOVANI, W.; SANTOS, R. F. Vegetação, vulnerabilidade e qualidade ambiental. In: SANTOS, R. F. (org). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: Environmental and social challenges. **Ecological Applications**. Vol 18, 885–898, 2008.

MEA – Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment**. Washington DC: Island Press, 2005.

MERICO, L. F. K. **Introdução à economia ecológica**. Blumenau: Editora da FURB, 1996.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagem?. **Biota Neotropica**. Vol 1, N° 1 e 2, 2001.

MILLIKAN, B. H. & DEL PRETTE, M. E. **Documento base para discussão sobre metodologia de zoneamento ecológico-econômico na Amazônia**. In: Seminário de Avaliação da metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico para a Amazônia Legal. Programa Piloto de Proteção das Florestas Tropicais Brasileiras. Manaus, AM. 2000. CD-ROM.

MIRANDA NETO, M. J. **A crise do planejamento**. Rio de Janeiro: Nórdica, 1981.

MONTAÑO, M.; OLIVEIRA, I.S.; RANIERI, V. E .L.; FONTES, A.T.; SOUZA, M. P. O Zoneamento Ambiental e a sua importância para a localização de atividades. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**. n°. 6, p. 49-64, Jun. 2007.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília: Finatec, 2007.

NATURAL ENGLAND. **All Landscapes Matter**. Draft Policy for Consultation. 2008. Disponível em: <www.naturalengland.org.uk/Images/Alllandscapesmatter1_tcm6-10332.pdf>. Acesso em 15 Fev. 2011.

NICHOLSON, E.; MACE G. M.; ARMSWORTH, P. R.; ATKINSON, G.; BUCKLE, S.; CLEMENTS, T.; EWERS, R. M.; FA, J. E.; GARDNER, T. A.; GIBBONS, J.; GRENYER, R.; MERTCALFE, R.; MOURATO, S.; MUÛLS, M.; OSBORN, D.; REUMAN, D. C.; WATSON, C.; MILNER-GULLAND, E. J. Priority research areas for ecosystem services in a changing world. **Journal of Applied Ecology**. Vol 46, 1139-1144, 2009.

NITSCH, M. **Avaliação Crítica da Metodologia do “Zoneamento Ecológico-Econômico” nos Estados da Amazônia Brasileira**. Parecer elaborado para a Secretaria de Planejamento do Estado de Rondônia – Projeto de Cooperação Técnica PNUD/PLANAFLORO - (BRA/94/007). Berlim, 1998.

- NOEL, F. L. Etanol: o desafio do combustível verde. **Problemas Brasileiros**. São Paulo, n. 382, jul./ago. 2007.
- NORTH, D. C. **Structure and Change in Economic History**. Norton, New York. 1981.
- NORTH, D. C. **Economic performance through time**. In: EICHER, C. K. & STAATZ, J. M. (Eds.). *International Agricultural Development*. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press, 1998. 3 ed, pp. 78–90.
- NOVAES, J. R. P. Campeões de produtividade: dores e febres nos canaviais paulistas. **Revista Estudos Avançados: Dossiê Energia**. São Paulo, n. 59. p. 167-177, jan./abr. 2007.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1988.
- PARTIDÁRIO, M. R. **Introdução ao ordenamento do território**. Lisboa: Universidade Aberta, 1999.
- PIK – Potsdam Institute for Climate Impact Research. Disponível em <<http://www.pik-potsdam.de/research/past/2001-2003/topik2/eva>>. Acesso em: 20 Abr. 2009.
- POSSAS, S. **Adam Smith: Valor, capital e riqueza nos primórdios da economia política**. In: CARNEIRO, R. (org.). *Os clássicos da economia*. São Paulo: Ed. Ática, 1997.
- PRYOR, F. L. Market economic systems. **Journal of Comparative Economics**. Vol 33, 2005, 25–46.
- RANIERI, V. E .L.; MONTAÑO, M.; FONTES, A.T.; OLIVEIRA, I.S.; SOUZA, M. P. **O Zoneamento Ambiental como Instrumento de Política e Gestão Ambiental**. In: X Simpósio do PPG-SEA (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental), 2005, São Carlos. PPG-SEA: *Trajetórias e Perspectivas de um Curso Multidisciplinar*. São Carlos, SP. 2005.
- REPÓRTE BRASIL. **O zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: análise dos avanços e das lacunas do projeto oficial**. 2009. Disponível em: <http://www.reporterbrasil.org.br/documentos/zoneamento_cana_reporterbrasil_out09.pdf>. Acesso em 8 Fev. 2011.
- RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1996. 3 ed.
- RIZZIERI, J. A. B. Introdução à Economia. In: PINHO, D. B. (org.). **Manual De Economia - Equipe de professores da Usp**. São Paulo: Ed. Saraiva, 2003. 4 ed.

- ROMEIRO, A. R. **Economia ou economia política da sustentabilidade**. In MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (orgs.). Economia do meio ambiente: teoria ou prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**. N° 2 Vol. 4, 2010.
- SAKAMOTO, L. O engenho resiste. Reporte Brasil. 2001. Disponível em: <www.reporterbrasil.com.br/reportagens/engenho/engenho.pdf>. Acesso em 8 Fev. 2011.
- SANTOS, L. Doce e amargo açúcar: Concentração de renda e relações de trabalho na produção agroindustrial canavieira do Brasil. **Revista Crase.edu**. N°01, Vol. 01, 2010.
- SANTOS, R. F. (org). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.
- SANTOS, R. F.; CALDEYRO, V. S. Paisagem, condicionantes e mudanças. In: SANTOS, R. F. (org). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007
- SANTOS, R. F.; THOMAZIELLO, S.; WEILL, M. A. M. Planejamento da Paisagem. In: SANTOS, R. F. (org). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.
- SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Meio Ambiente Paulista: Relatório de Qualidade Ambiental 2010**. São Paulo: SMA/CPLA, 2010
- SÃO PAULO. **Relatório Etanol Verde**. 2009a. Disponível em: <http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/relatorio_etanol_verde_2009A.pdf>. Acesso em 19 Mai. 2011.
- SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente. Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA/CRH, 2009b.
- SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Resolução SMA 88 – Define as diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo**. 2008. Disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/resolucoes/2008_Res_SMA_88.pdf>. Acesso em 19 Mai. 2011.

SÃO PAULO. **Lei Nº 11.241, de 19 de setembro de 2002.** Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. Disponível em: <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/24/Documentos/Lei%20Estadual_11241_2002.pdf>. Acesso em: 19 Mai. 2011.

SCHABERG, R. H.; ABT, R. C. Vulnerability of mid-atlantic forested watersheds to timber harvest disturbance. **Environmental Monitoring and Assessment**. Nº 94, pag. 101-113, 2004.

SEI. **Stockholm Environment Institute**. Disponível em: <<http://www.sei.se/>>. Acesso em: 20 Abr. 2009.

SELMAN, P. Landscape planning – preservation, conservation and sustainable development. **Town Planning Review**. Nº 81, Vol 4, 2010.

SILVA, A. M.; NALON, M. A.; KRONKA F. J. N.; ALVARES C. A.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Historical land-cover/use in different slope and riparian buffer zones in watersheds of the state of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**. Vol. 64, 325–335, 2007.

SKORUPA, L. A. **Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

SMA-SP. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Etanol Verde**. 2011. Disponível em: <<http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/portugues.asp>>. Acesso em 19 Mai. 2011.

SMITH, E. R. An overview of EPA's Regional Vulnerability Assessment (ReVA) program. **Environmental Monitoring and Assessment**. Nº 64, pag. 9-15, 2000.

SOARES, J. A. **O zoneamento sócio econômico de Mato Grosso aplicado no Distrito Bezerro Branco, situado no município de Cáceres, voltado ao planejamento da ocupação, uso e manejo da área**. 78p. Dissertação (mestrado) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso, 2006.

SOPAC, Comissão de Geociência Aplicada do Pacífico Sul. **The Environmental Vulnerability Index (EVI)**. SOPAC: Technical Report 384. 2004a. Disponível em <www.sopac.org> . Acesso em: 15 Abr. 2009.

SOPAC, Comissão de Geociência Aplicada do Pacífico Sul. **Manual: How to Use the Environmental Vulnerability Index (EVI)**. 2004b. Disponível em <www.sopac.org> . Acesso em: 15 Abr. 2009.

SOPAC, Comissão de Geociência Aplicada do Pacífico Sul. **Building Resilience in SIDS. The Environmental Vulnerability Index**. 2005. Disponível em <www.sopac.org>. Acesso em: 15 Abr. 2009.

SOPAC. **Reducing Vulnerability & Increasing Resilience in PICs. Information Pamphlet**. EVI Library. 2010. Disponível em: < <http://www.vulnerabilityindex.net/Files/Vulnerability%20for%20PICs.pdf>>. Acesso em 20 nov. 2010.

SOUZA, E. C. B.; MAMETE, F.; FERREIRA, F. S. S.; SILVA, F. A. L.; SANTANA, R. B.; ROLDAN, R.; LEITÃO, S. A. M. Desafios da gestão ambiental nos municípios. In: LITTLE, P. E. (org). **Políticas ambientais no Brasil: análises, instrumentos e experiências**. São Paulo; Peirópolis; Brasília: IIEB, 2003.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de Gestão Ambiental: Fundamentos e práticas**. São Carlos: Editora Riani Costa, 2000.

SZMRECSÁNYI, T. & MOREIRA, E. P. O desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. **Estudos Avançados**. Vol 11, nº 5, 1991.

THOMAZIELLO, S. Uso da terra e sua influência sobre a qualidade ambiental. In: SANTOS, R. F. (org). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.

TOBIN, G.A.; MONTZ, B.E. **Natural Hazards, Explanation and Integration**. New York, London: The Guildford Press, 1997.

TORQUATO, A. S. **Álcool: Projeção da Produção e Exportação no Período 2005/06 a 2015/16**. São Paulo: IEA, 2005. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/>>. Acesso em: 08 Mai. 2009.

TURNER, B. L.; KASPERSON, R. E.; MATSON, P. A.; MCCARTHY, J. J.; CORELL, R. W.; CHRISTENSEN, L.; ECKLEY, N. KASPERSON, J. X.; LUESE, A.; MARTELLO, M. L.; POLSKY, C.; PULSIPHER, A.; SCHILLER, A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. Vol. 100, nº 14, p.8074–8079, 2003.

TURNER, B. L. Vulnerability and resilience: Coalescing or paralleling approaches for sustainability science?. **Global Environmental Change**. 2010.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Setor Sucroenergético – Histórico**. 2009. Disponível em: < <http://www.unica.com.br/content/default.asp?cchCode={C2B 8C535-736F-406B-BEB2-5D12B834EF59}>>. Acesso em: 16 Mai. 2009.

VALERI, S. V.; SÊNO, M. A. A. F. **A importância dos corredores ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais**. Atualidades Jurídicas – Revista Jurídica do Curso de Direito da Faculdade de Educação São Luis. Ano I, N° I. 2005.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. Série Técnica IPEF. V. 12, n. 32, p. 25-42. 1998.

VILLA, F.; MCLEOD, H. Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making: Guidelines and Applications. **Environmental Management**. Vol. 29, n° 3, p. 335–348. 2002.

WILLIAMS, L. R. R., e KAPUTSKA, L. A. Ecosystem vulnerability: a complex interface with technical components. **Environmental Toxicology and Chemistry**. Vol. 19, p.1055–1058. 2000.

WWF – World Wildlife Foundation Brasil. **Análise da expansão do complexo agroindustrial canavieiro no Brasil**. Brasília: WWF, 2008.

ZIELINSKI, J. **Watershed Vulnerability Analysis**. Center for Watershed Protection, EllicottCity. 2002. Disponível em: <<http://www.cwp.org>>. Acesso em: 20 Nov. 2010.